COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1892.

PRÉSIDENCE DE M. D'ABBADIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur une opinion qui s'est fait jour au sein de l'Association britannique, au sujet des taches du Soleil;* par M. **H. Faye**.

« Dans la dernière réunion de l'Association britannique, à Édimbourg, l'éminent professeur Schuster s'est exprimé ainsi [1] :

» 1° Une grande masse en rotation constitue-t-elle toujours un aimant?

» 2° Se trouve-t-il dans l'espace interplanétaire assez de matière pour le rendre conducteur?

» 3° Qu'est-ce qu'une tache solaire? On pense, en général, que ce phénomène est de la nature d'un cyclone; mais, si tel est le cas, le groupe entier doit avoir un mou-

[1] Voir la *Revue générale des Sciences pures et appliquées* du 30 octobre 1892, p. 695.

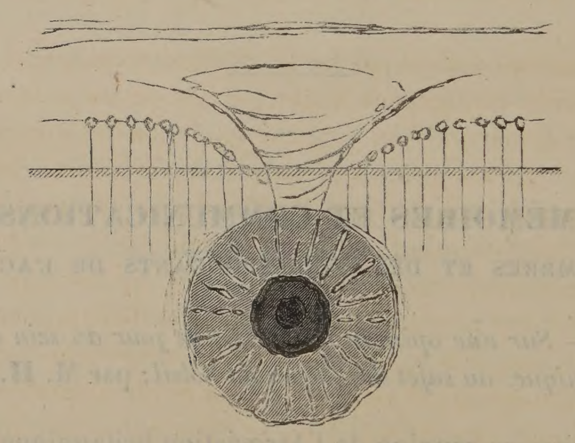
vement de rotation, et il semble que l'étude du mouvement des taches déciderait de cette opinion.

» 4° Si une tache n'est pas due à un cyclone, ne pourrait-on penser qu'une décharge électrique, accélérant l'évaporation, produise un abaissement de température suffisant pour rendre compte de cette diminution d'éclat?

» 5° La périodicité des taches solaires et la concordance avec la variation du magnétisme terrestre ne peut-elle pas être due à l'accroissement de conductibilité de l'espace entourant le Soleil?

» Il est certain que la pénombre ne participe pas, le plus souvent, au mouvement cyclonique qui constitue une tache. A peine si trois ou quatre taches sur cent offrent une trace de giration dans la pénombre, et encore pour un assez court espace de temps; mais on n'en saurait conclure que les gaz enfermés dans le noyau ne tournent pas, car la pénombre est un phénomène purement extérieur à la tache; il ne peut être qu'exceptionnellement affecté par la giration.

» La figure ci-jointe montre comment la pénombre se produit autour d'un cyclone. Le tourbillon pénètre verticalement à travers les couches



inférieures de la photosphère en déterminant tout autour de lui un abaissement de température considérable. Dès lors, les filets ascendants de vapeurs, qui forment la photosphère par la condensation d'une foule de petits nuages lumineux, forment ces nuages à une élévation moindre tout autour de la tache et y produisent ainsi des grains de lumière légèrement étirés dans le sens des génératrices de cette surface conique refroidie. La masse gazeuse froide à travers laquelle nous contemplons la pénombre en affaiblit considérablement l'éclat; celle-ci paraît grisâtre par rapport aux régions ambiantes de l'éclatante photosphère.

» Ainsi la pénombre se trouve à un niveau inférieur et enveloppe le cône du tourbillon tout en restant à distance. Elle ne participe donc pas, en général, à son mouvement de rotation.

» Les trombes et les tornados présentent justement un phénomène analogue dans l'enveloppe nébuleuse qui les entoure d'ordinaire jusqu'au sol. L'air tourbillonnant, amené des hauteurs dans les couches basses, est extrêmement froid, malgré le petit réchauffement produit par sa descente. Il contient naturellement des vésicules d'eau à température très basse, provenant des nuages où il prend sa source. Cette trombe produit donc un abaissement de température tout autour d'elle, et cet abaissement peut aller le plus souvent bien au delà du point de rosée des couches d'air plus ou moins humides qu'elle traverse verticalement. Elle s'entoure d'une gaine nuageuse qui ne participe pas à la rotation furieuse de l'intérieur. De là l'opinion qui régnait il y a une cinquantaine d'années (Espy et Bache), que les tornados ne tournaient pas. Quand une trombe descend vers le sol ou vers la surface des eaux, rien au dehors n'indique cette rotation : elle ne se manifeste que là où la trombe atteint en descendant l'eau ou le sol.

» Je reconnais qu'il n'est pas facile de rendre compte des aspects multiples que présente une grande tache qui est en train de se décomposer. Cependant on y remarque toujours une tendance des diverses parties à reformer des mouvements giratoires complets, c'est-à-dire circulaires, ce qui est bien le propre des tourbillons. D'ailleurs, les mouvements de giration sur la Terre nous présentent encore des phénomènes analogues quand on assiste à la formation de dix, quinze ou vingt girations partielles dans le même entonnoir, qui paraissent un moment et disparaissent avec la même facilité, en sorte que, si le spectateur pouvait s'élever au-dessus de la région où a lieu le phénomène, il assisterait sans doute à quelque chose d'aussi compliqué qu'une tache du Soleil qui se décompose, ou, au contraire, qui va se former aux dépens des girations partielles. Il ne faut pas oublier, en effet, que nous ne voyons les taches du Soleil qu'en plan, tandis que nous ne voyons leurs analogues sur la Terre, c'est-à-dire les tornados ou les cyclones, qu'en élévation. C'est ce que j'ai tâché de reproduire dans la figure ci-jointe qui donne la projection d'une tache sur les deux plans à la fois.

» Quant au second point qu'a touché M. Schuster, c'est-à-dire l'explication qu'il hasarde des taches pour le cas où celle que j'ai proposée depuis longtemps serait en désaccord avec certains faits, je me bornerai à dire que

j'ai considéré les taches comme un phénomène purement mécanique, où l'électricité peut jouer, sans doute, un rôle quelconque encore totalement ignoré, mais non un rôle déterminant, quant à la forme et à la fonction. Les taches durent parfois des mois entiers; il est donc difficile, rien que pour ce motif, de les attribuer à des décharges électriques qui se produiraient à la même place, pendant tout ce temps, dans un milieu essentiellement mobile et parcouru verticalement par des vapeurs qui vont se condenser sur toute la surface de l'astre.

» Voilà ce que j'avais à dire relativement à l'opinion hasardée par M. Schuster sur les taches. Quant aux premier et dernier points qu'il a touchés, on peut accorder que des mouvements violents de giration qui s'opèrent à une si grande échelle sur le Soleil doivent y provoquer des actions capables de se faire sentir très faiblement sur le magnétisme de notre globe, mais cela ne saurait modifier nos idées sur l'origine purement mécanique des taches ou des pores, et des protubérances qui en dérivent, ainsi que sur la périodicité qui s'y révèle. »

CHIMIE. — *Étude chimique de la fumée d'opium;* par M. **Henri Moissan.**

« Les ravages exercés par la funeste habitude de fumer l'opium s'étendent à une grande partie de l'Orient, et, depuis quelques années, à un nombre important de villes des États-Unis. Bien des travaux ont été publiés sur ce sujet. En 1856, Réveil, dans ses *Recherches sur l'opium* (1), entreprit le premier l'étude chimique de la fumée d'opium. Seulement, ses expériences fort curieuses ont été faites à des températures non mesurées, et certainement beaucoup trop élevées. De plus, les essais de Réveil ont porté sur l'opium de France ou sur des opiums très riches, contenant 13,20 pour 100 de morphine, et non pas sur l'opium des fumeurs. On sait que les Chinois ne fument pas l'opium tel qu'il est récolté, mais qu'ils lui font subir une préparation très délicate (2) et très longue (3), parfaite-

(1) Réveil, *Recherches sur l'opium*. Thèse de doctorat en médecine, 1856.

(2) Lalande, *Opium des fumeurs* (*Archives de Médecine navale*, t. LIV, p. 33; 1890).

(3) A. Calmette, *Le ferment de l'opium des fumeurs* (*Archives de Médecine navale*, t. LVII, p. 132; 1892). M. le Dr Calmette, à la suite d'études entreprises au laboratoire de Microbiologie de Saïgon, est arrivé à ne faire durer qu'un mois la fermentation de l'opium, qui, avant ses recherches, exigeait dix à douze mois.

ment décrite par M. Lalande. Cet opium, connu sous le nom de *chandôo*, ne renferme plus qu'une quantité de morphine inférieure à celle qu'il contenait avant sa préparation.

» Comme le faisait remarquer Réveil, « cet opium est très rare en Eu» rope, et il est très difficile de s'en procurer ». Possédant, grâce à l'obligeance de MM. Gréhant et Martin, trois échantillons de ce chandôo, le premier venant de Saïgon, le deuxième de Patna et le troisième de Shanghaï, j'ai cru devoir reprendre l'étude chimique de la fumée d'opium. Je tenais à déterminer, au moyen de ce véritable opium des fumeurs, si l'action particulière qu'il exerçait sur l'homme était due à la morphine ou aux produits de sa décomposition pyrogénée.

» L'étude de la fumée du tabac a démontré que l'action particulière exercée par ce corps n'était pas due seulement à la nicotine, mais encore à l'acide cyanhydrique, à l'oxyde de carbone et à une collidine qui se produit pendant la combustion lente du tabac à fumer ([1]). Les travaux de MM. Cahours et Étard ont démontré depuis longtemps cette formation de la collidine, de la pyridine et de la picoline par décomposition pyrogénée de la nicotine ([2]).

» Il ne faut pas oublier que l'opium se fume d'une façon toute différente de celle du tabac. Les nombreux voyageurs qui ont fumé ou qui ont vu fumer l'opium en Orient ([3]) nous donnent à ce sujet les renseignements suivants :

» Le fumeur se couche sur une natte et place auprès de lui une petite lampe à huile dont la flamme est maintenue bien verticale par un globe de verre. Le fumeur prend alors à l'extrémité d'une longue épingle pointue une petite quantité d'extrait d'opium ou chandôo (environ $0^{gr},25$). Il sèche d'abord avec soin au-dessus de la flamme et à l'extrémité de son aiguille cette petite quantité d'opium, qui se boursoufle, se déshydrate tout en conservant une belle couleur ambrée. Il fait adhérer cette masse encore molle et chaude au foyer de sa pipe, la traverse à l'aide de sa longue épingle puis la laisse refroidir. La pipe est alors prête à être fumée ; en s'allongeant sur le côté, le fumeur place l'ouverture de la pipe à un ou deux centi-

---

([1]) Dr Gustave Le Bon, *La fumée du tabac*. 2e édition, 1880.

([2]) Cahours et Étard, *Note sur de nouveaux dérivés de la nicotine* (*Comptes rendus*, t. XC, p. 275).

([3]) Dr Ernest Martin, *Les abus de l'opium* (*Revue scientifique*, t. L, p. 75; 16 juillet 1892).

mètres au-dessus de la flamme et il fait ensuite pénétrer un assez grand volume d'air chaud au travers du foyer, par une aspiration longue et profonde. En une fois ou deux fois au plus la pipe est fumée.

» On dessèche à nouveau une nouvelle proportion de chandôo et cette opération est renouvelée trente, quarante fois ou plus, suivant les habitudes plus ou moins invétérées du fumeur.

» La fumée produite dans ces conditions est légèrement bleutée, d'une saveur douce et d'une odeur très agréable.

» Nous avons commencé par prendre la température de la combustion de l'opium. Lorsque l'on sèche le chandôo, la température prise avec un thermomètre à mercure ne dépasse pas 240°. Au moyen d'une pince thermo-électrique, nous avons pu aussi déterminer la température dans le foyer de la pipe à opium, au moment où la fumée se produit. Cette température est de 250° quand on a soin de fumer dans de bonnes conditions et sans faire brûler l'opium. Possédant ces mesures, nous avons pu alors installer un appareil dans lequel il a été possible de mettre une quantité de chandôo suffisante pour obtenir en une fois des résultats pouvant être soumis à l'analyse chimique.

» Le chandôo était versé dans une petite cornue tubulée et maintenu dans un bain de nitrates alcalins à une température que l'on pouvait régler avec facilité. Un tube de verre coudé, passant dans la tubulure, permettait l'arrivée de l'air. A la suite de cette cornue, deux longues éprouvettes remplies de fragments de porcelaine, mouillés d'eau distillée, servaient à recueillir les liquides condensés par simple refroidissement. Deux flacons laveurs à acide chlorhydrique étaient placés ensuite. Enfin, une trompe et un flacon de quatre litres, muni d'un robinet de verre, permettaient de faire des aspirations successives.

» Dans ces conditions, lorsque la température atteint 250°, on voit cette fumée bleutée, dont nous avons parlé précédemment, se produire en abondance et remplir tout l'appareil, malgré les différentes couches de liquide qu'elle doit traverser. La température restant constante, la quantité de fumée produite dans ces conditions n'est pas très grande, et l'on remarque nettement que, lorsqu'elle ne se forme plus, il faut élever la température de 25° à 30° pour en produire une nouvelle quantité. Dès la température de 300°, l'odeur de la fumée change; elle devient moins agréable, et la fumée prend en même temps une couleur un peu plus blanche et un aspect plus lourd. Lorsque cette nouvelle portion de fumée s'est dégagée, il faut continuer à élever la température pour en produire

une certaine quantité. On peut ainsi fractionner l'opération par 25° jusqu'à la température de 400° à 425°.

» En ayant soin de recueillir les liquides et de laver l'appareil à l'eau distillée, à chaque fractionnement, on n'a plus qu'à faire l'analyse chimique de ces différentes solutions pour se rendre compte des produits qui se forment entre 250° et 425°.

» Lorsque la température n'est que de 350°, la quantité de matière entraînée par la fumée est excessivement faible; elle est formée d'une petite quantité de parfums volatils et d'un peu de morphine. Cette morphine, nous l'avons caractérisée d'une façon très nette et c'est bien à elle que sont dus, dans ce cas particulier, les phénomènes recherchés par les fumeurs d'opium.

» Mais il ne faut pas oublier que, en Chine comme dans l'Inde, le nombre des personnes dont la fortune est suffisante pour fumer directement le chandôo est assez restreint. Ces fumeurs ont soin le plus souvent de s'arrêter à la période d'excitation que peut fournir cette petite quantité de morphine mise directement au contact de la muqueuse des poumons; ils peuvent atteindre un âge très avancé, conservant leur habitude de fumer ce chandôo de première qualité et ne paraissant pas s'en trouver plus mal que la plupart des fumeurs de tabac lorsqu'ils n'abusent pas de la pipe ou du cigare.

» Les résidus qui restent dans la pipe chinoise et tout ce qui s'est condensé à l'intérieur de cette dernière est recueilli avec soin et revendu sous le nom de *dross*. (D'après M. Lalande, ce dross se vendait, en 1890, environ 120^{fr} le kilogramme).

» Cette deuxième portion ne distille qu'à une température beaucoup plus élevée, et si l'on étudie alors les corps qui se produisent, on remarque que les composés toxiques apparaissent avec rapidité. Le même fait se présente, si l'on examine les corps qui se forment entre 300° et 350° dans la distillation d'un opium de qualité médiocre ou des nombreux opiums falsifiés que l'on rencontre en Chine.

» En opérant sur 40^{gr} de chandôo, à une température comprise entre 250° et 325°, on a recueilli un liquide ambré, qui nous a donné des réactions caractéristiques.

» Ce liquide a été additionné d'acide chlorhydrique, puis porté à l'ébullition, et il s'est formé un dépôt rouge de pyrrol (matières du groupe du pyrrol résinifiées par l'acide chlorhydrique). On distille ensuite la moitié du liquide et, dans la partie distillée, on constate la présence de

l'acétone par la réaction de l'iodoforme. Les eaux acides qui restent dans la cornue ne contiennent plus que les bases sous forme de chlorhydrates; elles sont filtrées, puis sursaturées par la potasse et enfin distillées. Le liquide condensé, très ammoniacal, renferme tous les alcaloïdes volatils. Il présente nettement l'odeur des bases pyridiques, mais ce sont surtout les bases hydropyridiques qui semblent dominer. Il est facile de les mettre en évidence en les traitant par une solution d'azotate d'argent en présence d'un mélange d'ammoniaque et de potasse. La réduction est abondante et le tube de verre dans lequel se fait la réaction est parfaitement argenté. Du reste, le liquide recueilli précipite l'eau de brome en jaune et fournit avec facilité les réactions générales des alcaloïdes.

» Il se produit donc, dans cette distillation du pyrrol, de l'acétone, des bases pyridiques et hydropyridiques.

» Dans la première distillation à 250°, il passe des parfums et de la morphine, vraisemblablement entraînée par la vapeur d'eau; puis, la température nécessaire à une nouvelle décomposition s'élevant, il se produit, vers 300°, une fumée moins odoriférante, plus âcre, entraînant toujours une petite quantité de morphine, mais chargée de bases hydropyridiques plus ou moins toxiques.

» En résumé, il nous semble que l'on doit considérer chez le fumeur d'opium deux cas bien différents :

» 1° Celui où l'on ne fume que du chandôo de très bonne qualité et où la fumée n'apporte aux poumons qu'une très petite quantité de morphine et de parfums agréables;

» 2° Celui où l'on fume du dross ou de l'opium falsifié dont la décomposition ne se fait qu'à une température de 300°, avec production de composés toxiques tels que : pyrrol, acétone et bases hydropyridiques.

» Nous pouvons comparer cette double action à l'alcoolisme produit dans un cas par l'ingestion répétée d'une petite quantité d'alcool de bonne qualité, et, dans l'autre, à l'état misérable dans lequel succombe l'homme adonné à l'absinthe. »

M. **Arm. Gautier** présente, à propos de la Communication de M. Moissan, les remarques suivantes :

« Il est intéressant de rapprocher l'étude de la fumée de tabac de celle de la fumée d'opium. Il y a quelques années j'ai été conduit à examiner, en collaboration avec M. le D^r Le Bon, les produits du fumage du tabac :

si nous n'avons pas publié nos résultats, c'est qu'en présence de la diversité des alcaloïdes obtenus, j'ai voulu examiner le tabac lui-même, et savoir si quelques-uns de ces alcaloïdes de la fumée ne préexisteraient pas dans la feuille; en un mot, quelle était leur origine. Je publierai bientôt les résultats de ces longues recherches.

» Comme pour l'opium, le tabac, fumé à la pipe ou sous forme de cigares, laisse distiller dans la zone rapprochée de la partie brûlante ses produits les plus volatils, en même temps que, dans cette zone, dont la température varie graduellement de 100° à 400° et au-dessus, suivant les points, se produisent des réactions pyrogénées qui donnent naissance à de nouveaux alcaloïdes. Il ne faudrait pas penser que ceux-ci sont détruits par la chaleur, car lorsque le feu atteint une partie du tabac, celui-ci a déjà laissé distiller tout ce qu'il contient de volatil, et les réactions qui ont donné lieu aux nouveaux alcaloïdes se sont produites. De fait, dans les jus de l'énorme pipe installée pour ces expériences, nous n'avons presque pas trouvé de goudrons. Les jus étaient, *pour la majeure partie, formés de corps basiques.*

» Parmi ceux-ci, nous avons distingué, mélangées à beaucoup de nicotine, une base $C^{11}H^{16}Az^2$, homologue supérieur de la nicotine, que je me suis assuré préexister dans le tabac en feuilles; une lutidine C^7H^9Az; une dihydropicoline C^6H^9Az; une base C^6H^9AzO répondant à la formule d'un hydrate de picoline, et quelques autres bases moins volatiles.

» Les plus odorantes sont les bases hydropyridiques, ce sont aussi les plus vénéneuses. Elles le sont à un degré plus grand que la nicotine elle-même.

» Je pense que beaucoup de ces alcaloïdes résultent de la destruction, à une température relativement basse, d'acides carbopyridiques et carbohydropyridiques, ou d'acides analogues, existant dans la feuille du tabac. C'est cette étude que je poursuis à cette heure, et c'est désireux de présenter un travail d'ensemble à l'Académie, que je n'ai pas encore publié des résultats qui, sur bien des points, sont aujourd'hui complets. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la notation stéréochimique; réponse à la deuxième Note de M. Colson* (1); par M. C. **Friedel**.

« Je regrette que M. Colson m'oblige à revenir sur les observations que j'ai présentées au sujet de sa première Note.

» Dans la dernière, il cite M. van t'Hoff et dit que, d'après lui, les schémas qui représentent des corps ayant un pouvoir rotatoire égal et opposé sont :

Figure 1.

$$\begin{array}{ccc} & R_2 & \\ R_1 & & R_3 \\ \hline R'_1 & & R'_3 \\ & R'_2 & \end{array}$$

Figure 2.

$$\begin{array}{ccc} & R_3 & \\ R_1 & & R_2 \\ \hline R'_1 & & R'_2 \\ & R'_3 & \end{array}$$

» Ces deux schémas ne sont pas ceux de M. van t'Hoff, qui donne, au lieu de ceux-ci, à la page citée (*Dix ans dans l'histoire d'une théorie*, p. 53), les deux schémas

Figure 3.

$$\begin{array}{ccc} & R_2 & \\ R_1 & & R_3 \\ \hline R & & R \\ & R & \end{array}$$

Figure 4.

$$\begin{array}{ccc} & R_3 & \\ R_1 & & R_2 \\ \hline R & & R \\ & R & \end{array}$$

comme représentant des corps ayant des pouvoirs rotatoires égaux et opposés.

» M. Colson y a substitué les deux *fig.* 1 et 2 qui n'ont en aucune façon le même sens et qui représentent non pas les deux acides tartriques droit et gauche, mais bien tous deux l'acide tartrique inactif. Ils sont, en effet, identiques entre eux et il suffit de retourner la *fig.* 2 de manière à amener en haut les points R'_1, R'_2, R'_3, et de se rappeler que les triangles formés par ces points sont équilatéraux, pour voir que les deux figures

(1) *Comptes rendus*, t. CXV, p. 948.

sont superposables. Elles ont, d'ailleurs, manifestement un plan de symétrie et cela suffit pour montrer qu'elles s'appliquent à un corps inactif.

» La confusion me paraît provenir de l'emploi de la notation abrégée

$$(b_1) \qquad C(R_1 R_2 R_3)C(R_1 R_2 R_3),$$
$$(b_2) \qquad C(R_1 R_3 R_2)C(R_1 R_3 R_2),$$

introduite par M. van t'Hoff, que M. Colson a inexactement traduite par les *fig.* 1 et 2, alors qu'elle devrait l'être par les *fig.* 5 et 6 :

Fig. 5.

$$\frac{\begin{array}{ccc} & R_2 & \\ R_1 & & R_3 \end{array}}{\begin{array}{ccc} R_1 & & R_2 \\ & R_3 & \end{array}}$$

Fig. 6.

$$\frac{\begin{array}{ccc} & R_3 & \\ R_1 & & R_2 \end{array}}{\begin{array}{ccc} R_1 & & R_3 \\ & R_2 & \end{array}}$$

qui représentent les acides tartriques actifs droit et gauche.

» Ces figures, d'ailleurs, sont elles-mêmes moins claires et prêtent plus facilement à la confusion que celles construites avec le tétraèdre symbolique.

» En ce qui concerne les sels de diamine et tous les composés dans lesquels on peut admettre l'existence d'une chaîne fermée, je dois faire remarquer que M. Guye a fait, dans son Mémoire (*Annales de Chimie et de Physique,* 6e série, t. XXV, p. 226), des réserves expresses sur l'application de ses idées « aux composés à plusieurs atomes de carbone asymétriques et aux dérivés en chaîne fermée. M. Colson n'a donc pas le droit de s'en servir pour combattre les idées de M. Guye. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre libre, en remplacement de feu M. *Léon Chrétien-Lalanne*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 62,

M. Brouardel obtient	23	suffrages.
M. Laussedat	22	»
M. Ad. Carnot.	10	»
M. Lauth	5	»
M. Rouché.	2	»

Aucun candidat n'ayant obtenu la majorité absolue, il est procédé à un second tour de scrutin.

Le nombre des votants étant 64,

M. Brouardel obtient	28	suffrages.
M. Laussedat	26	»
M. Ad. Carnot.	8	»
M. Lauth	1	»

Il y a un bulletin blanc.

Aucun candidat n'ayant encore obtenu la majorité absolue, il est procédé à un scrutin de ballotage.

Le nombre des votants étant encore 64,

M. Brouardel obtient	33	suffrages.
M. Laussedat	31	»

M. **Brouardel**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Calcul des poutres continues : méthode satisfaisant aux nouvelles prescriptions du Règlement ministériel du* 29 *août* 1891. Mémoire de M. **Bertrand de Fontviolant**, présenté par M. Maurice Lévy. (Extrait par l'auteur.)

(Renvoi au concours de Mécanique, fondation Montyon, pour 1893.)

« Tandis que la Circulaire du 29 juillet 1877 autorisait à prendre, pour base des calculs relatifs à la résistance des ponts métalliques, des surcharges uniformément réparties dont elle fixait la valeur, le Règlement ministériel du 29 août 1891 impose l'obligation de considérer le passage sur le pont d'un train de surcharge déterminée, dit *train-type*.

» Dans l'étude d'un pont métallique, l'ingénieur est donc maintenant astreint à traiter la question connue sous la dénomination classique de *problème des charges mobiles* y compris la recherche des flèches.

» En ce qui concerne les ponts en poutres droites à travées indépendantes, ce problème a fait l'objet de nombreux travaux publiés en France

et à l'étranger; il en a été donné, principalement par M. Maurice Lévy [1], plusieurs solutions, remarquables par leur élégante simplicité et s'appliquant aussi bien à la détermination des moments fléchissants qu'à celle des efforts tranchants.

» Mais il n'en est pas de même pour les ponts en poutres continues. Ce genre de constructions étant très fréquemment employé en France, il y a un intérêt évident à rechercher, en ce qui le concerne, une solution aussi simple et aussi complète que possible de la question des charges mobiles. Tel est l'objet du Mémoire dont voici l'analyse sommaire.

» Nous y exposons une méthode graphique expéditive pour construire les *lignes d'influence* des diverses quantités nécessaires à connaître, soit dans l'étude d'un projet de pont, soit dans la vérification des conditions de résistance d'un pont existant, savoir : *moments fléchissants, efforts tranchants, réactions des appuis et flèches élastiques*. Cette méthode est le développement de divers théorèmes que nous avons établis dans un précédent travail [2]. L'un de ses caractères principaux est de ramener constamment la détermination des lignes d'influence à un problème unique, qu'il s'agisse des moments fléchissants, des efforts tranchants, des réactions des appuis ou bien même des flèches élastiques. Ce problème, d'ailleurs élémentaire, consiste, étant donnés dans un plan deux points A et B et un système de forces parallèles continues dont les intensités sont fonction linéaire de l'abscisse de leurs points d'application, à tracer une courbe funiculaire de ces forces, passant par ces deux points et de distance polaire égale au tiers de la projection de AB sur une direction perpendiculaire à ces mêmes forces. La construction que nous donnons de cette courbe, par points et tangentes, est presque aussi simple que celle d'une parabole du second degré à laquelle elle se réduit, du reste, dans un cas particulier.

» La considération des lignes d'influence nous a conduit à deux méthodes pour la détermination des valeurs maximums que peuvent prendre, au passage du train-type, le moment fléchissant, l'effort tranchant et la flèche élastique en un point quelconque du pont, ainsi que les réactions des appuis.

» La première, tout à fait élémentaire et qui se présente d'ailleurs immédiatement à l'esprit, exige que l'on trace la ligne d'influence afférente à la quantité dont on cherche le maximum.

» La seconde, moins élémentaire, mais plus expéditive, met à profit les

---

(1) *Statique graphique*, Ière Partie.

(2) *Comptes rendus*, séance du 7 janvier 1889.

propriétés analytiques spéciales aux lignes d'influence dans les poutres continues. Elle n'exige plus, comme la première, que l'on trace la ligne d'influence : un seul point de cette ligne et la tangente correspondante suffisent pour chacune des positions que l'on est conduit à attribuer au train. Cette seconde méthode fait connaître les conditions générales analytiques caractérisant les positions du train correspondant aux maximums dont il s'agit. Elle repose sur de nouvelles formules établies dans notre Mémoire, exprimant le moment fléchissant, l'effort tranchant, la flèche élastique en un point quelconque et la réaction sur un appui, ainsi que les dérivées correspondantes par rapport à l'abscisse variable du centre de gravité du train mobile. Les quantités entrant dans ces expressions sont de deux espèces distinctes seulement :

» Les unes, que nous avons appelées *constantes du train-type*, ne dépendent que du diagramme de ce train, c'est-à-dire des poids par roue et des écartements des essieux. Ce sont, entre autres, les moments d'inertie principaux et les moments du troisième ordre des divers groupes de charges que l'on peut former en composant le train d'un plus ou moins grand nombre de véhicules. Nous avons construit un Tableau et une Table numériques donnant les valeurs de ces constantes; on n'aura qu'à s'y reporter dans les applications.

» Les autres ne dépendent que de la ligne d'influence. Ce sont l'ordonnée du point de cette ligne situé sur la verticale du centre de gravité du train, ainsi que les dérivées première, seconde et troisième de cette ordonnée par rapport à l'abscisse correspondante. Ces quantités sont immédiatement connues dès que, par notre méthode, on a construit le point en question de la ligne d'influence.

» Ces quelques indications suffisent à faire comprendre que le calcul numérique de ces nouvelles formules est des plus faciles.

» Pour certaines sections remarquables de la poutre, les conditions analytiques caractérisant le maximum du moment fléchissant deviennent extrêmement simples et permettent alors de trouver la position du train correspondant à ce maximum, sans même construire aucun point de la ligne d'influence. Il en est de même des conditions similaires relatives aux efforts tranchants, aux flèches et aux réactions des appuis.

» Nous avons traduit la plupart de ces conditions sous forme de théorèmes plus expressifs que les formules algébriques. Voici, à titre d'exemples, deux de ces théorèmes :

» 1° *Le moment fléchissant maximum positif au foyer de droite* F_k *d'une travée quelconque* l_k *se produit lorsque le train charge exclusivement cette*

travée, la tête dudit train faisant face à droite, et à l'instant où une certaine roue P_j *franchit ce foyer. De plus, à cet instant, suivant que* P_j *est immédiatement à gauche ou immédiatement à droite de* F_k, *le rapport de la somme des charges situées à droite de* F_k *au poids total du train est plus petit ou plus grand que le carré du rapport du rayon de giration du train autour de l'appui de gauche* A_{k-1} *à la longueur constante* $\delta + \sqrt{\frac{l_k^3}{3\varphi_k}}$, φ_k *désignant la distance de* F_k *à l'appui de droite* A_k.

» 2° *Dans toutes les sections comprises entre les foyers d'une travée* l_k *quelconque, le moment fléchissant négatif, maximum en valeur absolue, a lieu lorsque le train charge exclusivement soit la travée* l_{k-1}, *soit celle* l_{k+1}, *la tête dudit train faisant face, dans l'un et l'autre cas, à la travée* l_k. *Dans le premier cas, le carré du rayon de giration du train autour du foyer de gauche* F'_{k-1} *de la travée* l_{k-1} *est égal à l'excès du tiers du carré de la longueur de cette travée sur le produit des distances de ce foyer* F'_{k-1} *aux appuis de cette même travée. Dans le second cas, la même condition a lieu relativement au foyer de droite* F_{k+1} *de la travée* l_{k+1}.

» Notre Mémoire contient enfin l'exposé d'une méthode abrégée pour la construction des lignes enveloppes des moments fléchissants; cette méthode n'est pas entièrement rigoureuse, mais, à notre avis, l'approximation qu'elle comporte est bien suffisante pour les besoins de la pratique. »

M. **E. Jaggy** adresse une Note faisant suite à son Mémoire sur la théorie des fonctions.

(Commissaires : MM. Picard, Appell.)

CORRESPONDANCE.

M. **A. Germain**, M. **P. Hatt** prient l'Académie de les comprendre parmi les candidats à la place laissée vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *Jurien de la Gravière*.

(Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète périodique de Wolf, faites au grand télescope de l'observatoire de Toulouse;* par MM. **E. Cosserat** et **F. Rossard**. Transmises par M. Tisserand.

Dates 1892.	Étoiles de comparaison.	Gr.	Comète — Étoile Æ.	Comète — Étoile Décl.	Nombre de compar.	Obs.
			m s	′ ″		
Janv. 2.....	*a* 885 BD — 14°	7,8	−2.16,91	+2.35,7	12 : 8	C
2.....	*a* Id.	7,8	−2.16,57	+2.46,4	12 : 10	R
23.....	*b* 880 BD — 11	7,5	+0. 4,24	+7.19,9	10 : 6	C
27.....	*c* 927 BD — 10	9	+1.16,92	+7.35,3	12 : 10	C
Févr. 1.....	*d* 925 BD — 9	9	+1.14,76	−3. 4,7	12 : 8	C
1.....	*d* Id	9	+1.16,66	−2.41,8	8 : 8	R
24.....	*e* 1102 BD — 5	9	+0.28,30	+2.11,6	12 : 10	C
24.....	*f* 1044 BD — 6	9	−1.15,85	+3.53,9	12 : 10	C
26.....	*g* 1130 BD — 5	7	−1.31,42	+5.45,4	12 : 8	C
26.....	*h* 1132 BD — 5	9	−1.51,62	+1.55,4	12 : 8	C
27.....	*i* 1125 BD — 5	9	+0.15,55	−1.46,1	10 : 10	C
Mars 18.....	*j* 1250 BD — 2	7	+1. 5,49	−4.14,1	12 : 10	C
18.....	*k* 1251 BD — 2	8	+0.52,85	+5.16,8	12 : 8	C
19.....	*j* 1250 BD — 2	7	+2.28,87	+3.14,8	12 : 8	C

Positions des étoiles de comparaison.

Dates 1892.	Étoiles de compar.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s			
Janv. 2.....	*a*	4.16.50,98	+0,45	−14°. 8′.16″,2	−2″,4	2 observ. mérid. Toulouse
23.....	*b*	4.22.41,36	+0,28	−11.21.59,0	−4,2	2 observ. mérid. Toulouse
27.....	*c*	4.24.13,86	+0,24	−10.42.55,6	−4,4	471 W_1, H. 4
Fév. 1.....	*d*	4.28. 9,97	+0,19	− 9.41.46,2	−4,4	560 W_1, H. 4
24.....	*e*	4.52.20,26	−0,05	− 5.55. 0,2	−3,9	5697 Paris
24.....	*f*	4.54. 6,24	−0,04	− 5.56.35,0	−3,9	1144 W_1, H. 4
26.....	*g*	4.56.42,40	−0,06	− 5.39.28,4	−3,8	1226 W_1, H. 4
26.....	*h*	4.57. 4,02	−0,06	− 5.35.33,4	−3,8	1234 W_1, H. 4
27.....	*i*	4.56.10,16	−0,08	− 5.22. 7,6	−3,8	1614 Schjellerup
Mars 18.....	*j*	5.21.33,23	−0,30	− 2.27.14,2	−2,6	$\frac{1}{2}$(468 W_1, H. 5 + 6278 Paris)
18.....	*k*	5.21.46,96	−0,30	− 2.36.45,3	−2,7	475 W_1, H. 5
19.....	*j*	5.21.33,23	−0,32	− 2.27.14,2	−2,6	$\frac{1}{2}$(468 W_1, H. 5 + 6278 Paris)

Positions apparentes de la comète.

Dates 1892.	Temps moyen de Toulouse.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Janv. 2........	9.13.36	4.14.34,52	$\bar{2}$,393$_n$	—14. 5.42,9	0,873
2........	9.54. 0	4.14.34,86	$\bar{2}$,719	—14. 5.32,2	0,871
23........	9.58.57	4.22.46,38	$\bar{1}$,293	—11.14.43,3	0,849
27........	9.31.18	4.25.31,02	$\bar{1}$,232	—10.35.24,7	0,849
Fév. 1........	9.36.52	4.29.24,92	$\bar{1}$,314	— 9.44.55,3	0,842
1........	10.17.20	4.29.26,82	$\bar{1}$,434	— 9.44.32,4	0,835
24........	9. 4.21	4.52.48,51	$\bar{1}$,414	— 5.52.52,5	0,817
24........	9.36.17	4.52.50,35	$\bar{1}$,484	— 5.52.45,0	0,813
26........	8.50.32	4.55.10,92	$\bar{1}$,392	— 5.33.46,8	0,816
26........	9.14.58	4.55.12,34	$\bar{1}$,277	— 5.33.41,8	0,813
27........	9.34.51	4.56.25,63	$\bar{1}$,495	— 5.25.57,5	0,810
Mars 18........	9.10.33	5.22.38,42	$\bar{1}$,539	— 2.31.30,9	0,798
18........	9.31. 6	5.22.39,51	$\bar{1}$,565	— 2.31.31,2	0,793
19........	8.59.53	5.24. 1,78	$\bar{1}$,537	— 2.24. 2,0	0,795

ASTRONOMIE. — *Observations de la nouvelle comète Holmes faites à l'observatoire d'Alger (équatorial coudé)*, par MM. Rambaud et Sy, présentées par M. Tisserand.

Dates 1892.		Étoiles de comparaison.	Grandeur.	Comète—Étoile. Æ.	Comète—Étoile. Déclinaison.	Nombre de compar.	Obser.
				m s	′ ″		
Nov. 16....	*a*	Paris 0^h, n° 1020	8,0	—0.33.82	— 0. 2,8	14:16	S
16....	*a*	Paris 0^h, n° 1020	8,0	—0.34.98	— 0. 6,5	19:12	R
18....	*b*	BB, t. VI, n° 131	9,3	+2. 5.35	— 7.22,3	14:10	S
18....	*b*	BB, t. VI, n° 131	9,3	+2. 5.02	— 7.31,6	15:10	R
19....	*a*	Paris 0^h, n° 1020	8,0	—1.16.37	—19.35,4	14: 8	S
22....	*c*	W_2, n° 1029	9,0	+0.13.13	— 4.11,1	20:12	S
22....	*c*	W_2, n° 1029	9,0	+0.13.68	— 4.21,1	20:12	R

Positions des étoiles de comparaison.

Dates 1892.		Ascension droite moyenne 1892,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne 1892,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
Nov. 16....	*a*	0.43.38,26	+2,92	+37.36.57,5	+26,7	Paris 0^h, n° 1020
18....	*b*	0.40.29,01	+2,88	+37.31.47,7	+26,9	BB, t. VI, n° 131
19....	*a*	0.43.38,26	+2,89	+37.36.57,5	+27,0	Paris 0^h, n° 1020
22....	*c*	0.41.47,65	+2,85	+37. 2.28,3	+27,3	W_2, n° 1029

Positions apparentes de la comète.

Dates 1892.	Temps moyen d'Alger.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.
	h m s	h m s		° ′ ″	
Nov. 16....	6.34.30	0.43. 7,36	$\bar{1},545_n$	+37.37.21,4	$\bar{1},824$
16....	7.11.13	0.43. 6,20	$\bar{1},429_n$	+37.37.17,7	$\bar{1},483$
18....	6. 5.34	0.42.37,24	$\bar{1},593_n$	+37.24.52,3	$\bar{1},971$
18....	6.41.19	0.42.36,91	$\bar{1},501_n$	+37.24.43,0	$\bar{1},728$
19....	8.41.55	0.42.24,78	$\bar{3},920_n$	+37.17.49,1	$\bar{1},024_n$
22....	8.41.49	0.42. 3,63	$\bar{2},360_n$	+36.58.44,5	$\bar{2},727_n$
22....	9. 6.22	0.42. 4,18	$\bar{2},936$	+36.58.34,5	$\bar{2},018_n$

» *Novembre* 12. — La comète se présente sous la forme d'une nébulosité avec noyau central diffus et allongé dans l'angle de position 122°,0. Mais la partie N.-O. de la nébulosité est d'un éclat bien supérieur à celui de la partie S.-E. Il en résulte que la nébulosité, qui paraît assez ronde lorsqu'on l'examine avec un grossissement faible, change notablement de forme et semble s'échancrer dans la partie S.-E. lorsqu'on augmente le grossissement.

» *Novembre* 18 *et* 25. — On distingue nettement une queue dans la direction de l'allongement du noyau, et cette direction est alors par 119°,0 le 18, par 106°,0 le 25. A cette dernière date, M. Renaux a photographié la comète en $1^h 30^m$ de pose avec d'assez grandes difficultés résultant de la hauteur de l'astre et du faible éclat du noyau. La queue se voit très bien sur cette photographie, mais la nébulosité ne paraît s'étendre qu'à une très petite distance du noyau dans la partie N.-O. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Brooks (découverte le* 20 *novembre* 1892), *faites à l'observatoire de Marseille (équatorial de* $0^m 26$ *d'ouverture)*. Note de M. **Esmiol**, communiquée par M. Tisserand.

Dates.	Temps moyen de Marseille.	ΔÆ.	Δ♇.	Nombre de comp.	Æ app.	log. f. p.	♇ app.	log. f. p.	★
1892.	h m s	m s			h m s		° ′ ″		
Nov. 24.	17.45.16	−3.19,6	+ 8. 7,3	3:3	13.3.14,6	$-\bar{1},502$	74.51.33,8	−0,671	1
Nov. 24.	17. 6.53	+4. 0,18	−11.45,0	5:5	13.4.39,39	$-\bar{1},562$	74.33.18,1	−0,685	2

Positions des étoiles de comparaison.

✶	Æ moy. 1892,0.	Réduction au jour.	Pos. moy. 1892,0.	Réduction au jour.	Autorité.
1.....	13h6m33s,0	+1s,2	74°43′10″,0	+15″,5	2552 Arg. Z. + 15°
2.....	13.0.37,93	+1,28	74.34.47,3	+15,8	1156 W_2. H. XII

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Brooks (découverte le 21 novembre 1892), faites à l'observatoire de Marseille (équatorial de* 0m, 26 *d'ouverture)*; par M. **Fabry**, présentées par M. Lœwy.

Date.	Temps moyen de Marseille.	ΔÆ.	ΔP.	Nombre de comp.	Æ app.	Log. fact. parall.	P. app.	Log. fact. parall.	✶
1892 Nov. 29.	16h43m46s	−1m15s,61	+3′1″,5	5:4	13h11m1s,76	$\bar{1},580_n$	72°11′46″,7	$0,671_n$	1
» 30.	16.41.49	−2.15,06	−5.21,3	5:5	13.12.45,77	$\bar{1},582_n$	71.34.49,0	$0,666_n$	2

Positions des étoiles de comparaison.

✶	Gr.	Æ moy. 1892,0.	Réduction au jour.	P. moy. 1892,0.	Réduction au jour.	Autorités.
1	8	13h12m16s,05	+1s,32	72°8′27″,7	+17″,5	189 Weisse, 13h
2	7	13.14.59,50	+1,33	71.39.52,4	+17,9	248 Weisse, 13

» La comète a l'aspect d'une nébulosité de 1′ environ de diamètre, diffuse sur les bords, plus brillante au centre, mais sans noyau bien défini; son éclat est comparable à celui d'une étoile de 11e grandeur. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes infinis de transformations.* Note de M. A. **Tresse**, présentée par M. Picard.

« Dans la plupart de ses travaux sur la théorie des groupes, M. Lie considère seulement les groupes de transformations qui jouissent de la propriété suivante : si les équations

$$x'_i = f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

définissent la transformation la plus générale du groupe, les x', fonctions

des x, sont solutions d'un système d'équations aux dérivées partielles

$$(1) \qquad W_k\left(x_i,\ x'_j,\ \frac{\partial x'_\mu}{\partial x_\nu},\ \frac{\partial^2 x'_\mu}{\partial x_\nu \partial x_\rho},\ \dots\right) = 0.$$

» La seule étude de ce système d'équations permet d'obtenir d'importantes propriétés des groupes.

» Supposons, par exemple, les équations (1) d'ordre s, toute équation du même ordre ou d'ordre inférieur que l'on peut en déduire par des dérivations étant une conséquence de ces équations (1). Si l'on effectue sur les x un changement de variables indépendantes, défini par une transformation T du groupe, le système (1) se transforme en un système équivalent

$$(1') \qquad V_k\left(y_i,\ x'_j,\ \frac{\partial x'_\mu}{\partial y_\nu},\ \dots\right) = 0.$$

» Par suite, on pourra disposer de la solution générale de (1'), de façon que les x', exprimés en fonctions des x, donnent la transformation T, ce qui exige

$$x'_i = y_i,$$

d'où la *transformation identique*.

» Puis on pourra avoir

$$x'_i = x_i,$$

d'où la *transformation inverse de* T.

» Cette remarque m'a été communiquée par M. Engel, et la proposition avait déjà été obtenue par M. Lie (*Leipziger Berichte*, p. 319; 1891) par une méthode moins directe.

» On peut aller plus loin. Considérons le système (1) comme définissant un certain nombre de x' et de leurs dérivées en fonction des autres qui sont alors les arbitraires de la transformation. Supposons cette dernière effectuée sur une multiplicité définie par p fonctions $z_1, z_2, \dots, z_p$ de r variables indépendantes $y_1, \dots, y_r$; et soit la multiplicité transformée définie par p fonctions $z'_1, \dots, z'_p$ de r variables $y'_1, \dots, y'_r$.

» Joignons aux équations (1) les relations qui définissent les dérivées des z' par rapport aux y', en fonction des dérivées des z par rapport aux y, et de celles des x' par rapport aux x

$$(2) \qquad \frac{\partial z'}{\partial y'} = \varphi\left(y,\ z,\ \frac{\partial z}{\partial y},\ \dots,\ \frac{\partial x'}{\partial x},\ \dots\right).$$

» L'élimination des $\frac{\partial x'}{\partial x}$ entre les équations (1) et (2) donnera certaines relations de la forme

$$(3) \qquad U\left(y, z, \frac{\partial z}{\partial y}, \ldots, y', z', \frac{\partial z'}{\partial y'}, \ldots\right) = 0$$

et donnera toutes les relations de cette forme.

» Les équations (3) se présentent en outre sous une forme remarquable. Résolvons-les par rapport à un certain nombre de y, z, $\frac{\partial z}{\partial y}$, ..., ce qui est possible, si la multiplicité y, z est la multiplicité la plus générale de sa nature, si, par conséquent, elle ne satisfait pas à une certaine relation invariante par rapport au groupe. Soit donc

$$\left(y, z, \frac{\partial z}{\partial y}, \ldots\right) = \psi\left[y_1, z_1, \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_1, \ldots, y', z', \frac{\partial z'}{\partial y'}, \ldots\right],$$

où les y_1, z_1, $\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_1$, ... sont celles des quantités y, z, $\frac{\partial z}{\partial y}$, ... qui figurent au second membre de ces équations. Si, alors, on considère simultanément deux multiplicités quelconques y, z et y', z', puis une multiplicité y'', z'' déduite de y', z' par une transformation du groupe, les deux systèmes d'équations

$$\left(y, z, \frac{\partial z}{\partial y}, \ldots\right) = \psi\left[y_1, z_1, \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_1, \ldots, y', z', \frac{\partial z'}{\partial y'}, \ldots\right]$$

et

$$\left(y, z, \frac{\partial z}{\partial y}, \ldots\right) = \psi\left[y_1, z_1, \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_1, \ldots, y'', z'', \frac{\partial z''}{\partial y''}, \ldots\right]$$

sont équivalents. Les ψ sont donc identiques dans ces deux systèmes, de sorte que si ψ_0 sont leurs valeurs quand on y remplace y_1, z_1, $\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_1$, ... par des constantes arbitraires, on a

$$(3') \qquad \psi_0\left(y', z', \frac{\partial z}{\partial y'}, \ldots\right) = \psi_0\left(y'', z'', \frac{\partial z''}{\partial y''}, \ldots\right).$$

» *Les ψ_0 sont donc des invariants différentiels relatifs au groupe de transformations proposé*, et les équations (3) ont la forme (3') où l'on aurait supprimé les doubles indices.

» Ceci appliqué aux équations (1) montre qu'elles ont la forme [1]

$$V_k\left(x'_j, \frac{\partial x'_\mu}{\partial x_\nu}, \dots\right) = \alpha_k(x_i),$$

et l'on arrive à ce résultat important :

» Supposons le groupe défini d'une manière quelconque, *la connaissance des invariants V permet, quelle que soit la nature de la multiplicité sur laquelle on effectue les transformations du groupe, d'obtenir, par de simples différentiations et éliminations, les invariants de la multiplicité ainsi transformée.*

» L'étude d'un pareil système d'invariants différentiels se rattache à celle d'un système d'équations aux dérivées partielles. J'ai trouvé que, étant donné un tel système d'équations auxquelles satisfait une multiplicité dépendant de constantes ou fonctions arbitraires, il existe un ordre limite tel que toutes les équations d'ordre supérieur auxquelles satisfait la multiplicité se déduisent des équations de cet ordre limite ou d'ordre inférieur par de simples différentiations.

» Il en résulte que, pour un système d'invariants différentiels considéré plus haut, *il existe un ordre limite tel que tous les invariants d'ordre supérieur se déduisent des invariants de cet ordre ou d'ordre inférieur en formant le quotient de deux déterminants fonctionnels.*

» Les invariants de cet ordre limite et d'ordre inférieur donnent les *conditions nécessaires et suffisantes pour que deux multiplicités données puissent se ramener l'une à l'autre par une transformation du groupe :* ceci ne souffrirait d'exception que dans le cas où l'une d'elles satisferait, seule, à une équation invariante particulière par rapport aux transformations du groupe. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème d'analyse indéterminée, qui se rattache à l'étude des fonctions hyperfuchsiennes provenant des séries hypergéométriques à deux variables.* Note de M. **Levavasseur**, présentée par M. Picard.

« Si l'on considère l'intégrale

$$\int_g^h u^{b_1-1}(u-1)^{b_2-1}(u-x)^{\mu-1}(u-y)^{\lambda-1}\,du,$$

(1) Sophus Lie, *Die Grundlagen für die Theorie der unendlichen continuirlichen Transformationsgruppen* (*Leipziger Berichte*, **91**).

où g et h désignent deux des quantités 0, 1, x, y, ∞, on sait qu'elle satisfait à un système (S) de trois équations linéaires aux dérivées partielles, ayant trois solutions communes linéairement indépendantes [*voir* le Mémoire de M. Picard, *Sur les séries hypergéométriques de deux variables* (*Annales de l'École Normale*, 1881)]. M. Picard s'est proposé de trouver à quelles conditions l'inversion des quotients de trois intégrales linéairement indépendantes du système (S) conduit à des fonctions uniformes de deux variables indépendantes. Il est arrivé à la conclusion suivante : si l'on prend deux quelconques des quatre nombres λ, μ, b_1, b_2, par exemple λ et b_1, la somme $\lambda + b_1 - 1$ est l'inverse d'un nombre entier; de même, en prenant trois quelconques des mêmes quantités, pour fixer les idées, λ, b_1 et b_2, la différence $2 - \lambda - b_1 - b_2$ est encore égale à l'inverse d'un nombre entier [*Mémoire sur les fonctions hyperfuchsiennes provenant des séries hypergéométriques à deux variables* (*Annales de l'École Normale*, 1885)].

» Je me suis proposé de résoudre le problème suivant : Trouver tous les systèmes de quatre nombres, a, b, c, d, tels que les dix nombres

$$a+b-1,\quad a+c-1,\quad a+d-1,\quad b+c-1,\quad b+d-1,$$
$$c+d-1,\quad 2-b-c-d,\quad 2-c-d-a,\quad 2-d-a-b,\quad 2-a-b-c$$

soient les inverses des nombres entiers. J'ai ramené ce problème à la résolution en nombres entiers du système d'équations simultanées qui suit :

$$\frac{2}{x}+\frac{2}{y}-\frac{1}{z}-\frac{1}{t}+\frac{3}{u}=1,$$
$$\frac{2}{x}+\frac{2}{z}-\frac{1}{t}-\frac{1}{y}+\frac{3}{v}=1,$$
$$\frac{2}{x}+\frac{2}{t}-\frac{1}{y}-\frac{1}{z}+\frac{3}{w}=1,$$
$$\frac{2}{y}+\frac{2}{z}-\frac{1}{t}-\frac{1}{x}+\frac{3}{p}=1,$$
$$\frac{2}{z}+\frac{2}{t}-\frac{1}{y}-\frac{1}{x}+\frac{3}{q}=1,$$
$$\frac{2}{t}+\frac{2}{y}-\frac{1}{z}-\frac{1}{x}+\frac{3}{r}=1.$$

» Il serait trop long d'indiquer ici comment j'ai pu trouver toutes les solutions de ce système d'équations. Je me borne à donner les valeurs

de a, b, c, d qui y correspondent.

$$a = b = c = d = 1,\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{3}{4},\ \tfrac{1}{3},\ \tfrac{5}{9},\ \tfrac{7}{12},\ \tfrac{3}{5},\ \tfrac{2}{3},\ \tfrac{5}{8},$$

$$\begin{array}{ll}
a = b = c = \tfrac{1}{2}, & d = \tfrac{3}{2},\ 0,\ \tfrac{3}{4},\ \tfrac{2}{3},\ 1,\ \tfrac{5}{6}, \\
a = b = c = \tfrac{1}{3}, & d = \tfrac{1}{2},\ \tfrac{5}{3},\ 1,\ \tfrac{7}{6},\ \tfrac{5}{6}, \\
a = b = c = \tfrac{5}{9}, & d = \tfrac{7}{18},\ \tfrac{17}{18},\ \tfrac{7}{9}, \\
a = b = c = \tfrac{3}{4}, & d = 0,\ \tfrac{1}{6},\ \tfrac{1}{4},\ \tfrac{7}{12},\ \tfrac{3}{10},\ \tfrac{1}{3},\ \tfrac{3}{8},\ \tfrac{5}{12},\ \tfrac{9}{20},\ \tfrac{1}{2}, \\
a = b = c = \tfrac{5}{8}, & d = \tfrac{1}{4},\ \tfrac{5}{12},\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{7}{8},\ \tfrac{17}{24}, \\
a = b = c = \tfrac{3}{5}, & d = \tfrac{3}{10},\ \tfrac{7}{15},\ \tfrac{9}{10},\ \tfrac{11}{15}, \\
a = b = c = \tfrac{7}{12}, & d = \tfrac{1}{3},\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{2}{3},\ \tfrac{11}{12},\ \tfrac{3}{4}, \\
a = b = c = \tfrac{2}{3}, & d = \tfrac{1}{6},\ \tfrac{1}{3},\ \tfrac{5}{12},\ \tfrac{5}{6},\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{7}{12}, \\
a = b = c = 1, & d = \dfrac{1}{n}\ \text{(}n\text{ étant un nombre entier arbitraire),}
\end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
a = b = 1, & c = d = \tfrac{1}{4},\ \tfrac{1}{3},\ \tfrac{1}{2},\ 0, \\
a = b = \tfrac{3}{4}, & c = d = \tfrac{3}{8},\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{7}{12}, \\
a = b = \tfrac{2}{3}, & c = d = \tfrac{5}{12},\ \tfrac{1}{2},\ \tfrac{7}{12},
\end{array}$$

$$a = b = 1 \left\{ \begin{array}{l|c|c} c = 0 & \tfrac{1}{3} & \dfrac{1}{n} \\ d = \tfrac{1}{2} & \tfrac{1}{6} & -\dfrac{1}{n}, \end{array} \right. \quad \text{(}n\text{ étant un entier arbitraire),}$$

$$a = b = \tfrac{1}{4} \left\{ \begin{array}{l|} c = 1 \\ d = \tfrac{1}{2} \end{array} \right.$$

$$a = b = \tfrac{1}{2} \left\{ \begin{array}{l|c|c|} c = 1 & \tfrac{3}{2} & \tfrac{5}{6} \\ d = 0 & 0 & \tfrac{2}{3} \end{array} \right.$$

$$a = b = \tfrac{3}{4} \left\{ \begin{array}{l|c|c|c|c|c|c|c} c = \tfrac{7}{12} & \tfrac{9}{20} & \tfrac{5}{12} & \tfrac{1}{2} & \tfrac{7}{12} & \tfrac{1}{2} & \tfrac{7}{12} & \tfrac{7}{12}, \\ d = \tfrac{1}{6} & \tfrac{3}{10} & \tfrac{1}{3} & \tfrac{1}{4} & \tfrac{1}{3} & \tfrac{5}{12} & \tfrac{5}{12} & \tfrac{1}{2}, \end{array} \right.$$

$$a = b = \tfrac{2}{3} \left\{ \begin{array}{l|c|c|c|c|c|c|c} c = \tfrac{1}{2} & \tfrac{5}{6} & 0 & \tfrac{5}{6} & \tfrac{7}{12} & \tfrac{5}{6} & \tfrac{7}{12} & \tfrac{5}{6}, \\ d = \tfrac{1}{3} & \tfrac{1}{6} & \tfrac{1}{6} & \tfrac{1}{3} & \tfrac{5}{12} & \tfrac{5}{12} & \tfrac{1}{2} & \tfrac{1}{2}, \end{array} \right.$$

$$a = b = \tfrac{1}{3} \left\{ \begin{array}{l} c = \tfrac{5}{6}, \\ d = \tfrac{7}{6}, \end{array} \right.$$

$$a = b = \tfrac{7}{12} \left\{ \begin{array}{l|c|c|c} c = \tfrac{3}{4} & \tfrac{11}{12} & \tfrac{1}{2} & \tfrac{3}{4}, \\ d = \tfrac{1}{3} & \tfrac{1}{3} & \tfrac{2}{3} & \tfrac{1}{2}, \end{array} \right.$$

$$a = b = \frac{5}{8} \begin{cases} d = \frac{1}{4} \\ c = \frac{7}{8} \end{cases} \left| \begin{array}{l} \frac{17}{24}, \\ \frac{5}{12}, \end{array} \right.$$

$$a = b = \frac{3}{5} \begin{cases} d = \frac{9}{10}, \\ c = \frac{3}{10}, \end{cases}$$

$$a = b = \frac{5}{12} \begin{cases} c = \frac{5}{6}, \\ d = \frac{2}{3}, \end{cases}$$

$$a = b = \frac{5}{9} \begin{cases} c = \frac{17}{48}, \\ d = \frac{5}{18}, \end{cases}$$

$$a = 1, \qquad b = \frac{1}{2}, \qquad c = \frac{1}{3}, \qquad d = \frac{1}{6},$$

$$a = \frac{1}{2}, \qquad b = \frac{3}{4}, \qquad c = \frac{5}{12}, \qquad d = \frac{7}{12}.$$

» Ce Tableau renferme toutes les solutions du problème proposé. Plusieurs d'entre elles avaient déjà été indiquées par MM. Picard et Goursat. »

CHIMIE. — *Sur la fusion du carbonate de chaux.*
Note de M. **H. Le Chatelier.**

« La Communication de M. Joannis sur la fusion du carbonate de chaux m'engage à publier dès maintenant quelques résultats des recherches que je continue sur le même sujet et dont je ne pensais entretenir l'Académie qu'après leur complet achèvement.

» Dans ma première Communication, j'ai montré que, en chauffant à la température de 1050°, sous des pressions dépassant un millier de kilogrammes par centimètre carré, du carbonate de chaux *précipité chimiquement*, on obtient un calcaire compact cristallisé, présentant tous les caractères de certains marbres blancs naturels. La démarcation absolument nette et tranchée des régions les plus chaudes de la masse, qui ont été transformées, et des parties les moins chaudes qui ne l'ont pas été, indique nettement l'intervention d'un phénomène brusque comme l'est la fusion.

» L'emploi de pressions considérables était, avec le dispositif expérimental adopté, indispensable pour éviter la formation de bulles d'acide carbonique autour de la spirale incandescente, qui chauffait le carbonate de chaux en contact immédiat avec elle à une température bien supérieure à la température moyenne de la masse. La formation de semblables

bulles, isolant la spirale et diminuant ainsi l'activité des échanges de chaleur, en amenait la fusion immédiate.

» Il était intéressant de répéter la même expérience sous des pressions moindres, dans les conditions mêmes où s'était placé J. Hall (1). On pouvait craindre que la cristallisation observée ne fût due en partie à l'emploi de pressions élevées. M. W. Spring a annoncé, en effet, avoir obtenu, par une simple compression à froid, la cristallisation de certains corps. Il est bien vrai qu'aucune observation précise n'est jamais venue confirmer cette affirmation, qui est en contradiction formelle avec les expériences bien antérieures de M. Fizeau, sur l'agglomération par pression de l'iodure d'argent. Quoi qu'il en soit, j'ai répété l'expérience de J. Hall, en employant un tube d'acier nickelé intérieurement, ce qui permet d'éviter à peu près complètement la réduction de l'acide carbonique par le métal.

» Du carbonate de chaux précipité chimiquement fut introduit dans le tube et tassé légèrement avec une baguette de verre; la densité apparente de la matière était de 0,8. Après chauffage du tube pendant une heure, à la température de 1020°, on a retiré une baguette agglomérée de carbonate de chaux, de dureté analogue à celle de la craie, mais qui était complètement *cristallisée*. L'agglomération avait été accompagnée d'un retrait considérable, qui avait élevé la densité apparente à 1,8, soit à plus du double de sa valeur initiale. Cette agglomération et cette contraction, rapprochées de la cristallisation, paraissent bien démontrer qu'il y a eu fusion, mais la fusion a été seulement pâteuse, puisque la matière a gardé la forme d'une baguette cylindrique et ne s'est pas moulée sur les parois du tube. Dans les expériences sous pression, la fusion était également restée pâteuse, car des fragments d'or noyés dans la masse n'étaient pas tombés à la partie inférieure de la partie fondue (2).

» Cette expérience montre donc que la fusion et la cristallisation du carbonate de chaux précipité peuvent être produites par l'action de la température seule, sans l'intervention d'une pression élevée; cette dernière n'intervient que pour augmenter la compacité et l'agglomération de la matière. C'est exactement la conclusion opposée à celle que M. Joannis a tiré de ses recherches : « ... il ne suffit pas de chauffer du carbonate de

(1) La plupart des expériences de J. Hall ont été faites, comme on peut s'en rendre compte en se reportant au Mémoire original, sans l'intervention d'aucune pression extérieure. Les chiffres cités de 300^{kg} à 400^{kg} par centimètre carré doivent provenir d'une erreur du traducteur du *Journal de la Métherie* auquel M. Joannis s'est reporté.

(2) C'est bien là le résultat auquel était arrivé J. Hall qui s'exprime ainsi : « La substance paraissait avoir été réduite à l'état d'une pâte de la même consistance que celle de la cire à cacheter ».

» chaux à la température indiquée par Hall, pour obtenir la fusion de ce
» corps sous sa seule tension de dissociation ».

» Il n'y a peut-être pas cependant de désaccord réel entre des expériences qui conduisent pourtant à des conclusions aussi contradictoires. Il m'a semblé, en effet, reconnaître que la fusion et la cristallisation étaient intimement liées à la rapidité de l'échauffement, et j'ai toujours procédé, ce que n'a sans doute pas fait M. Joannis, en introduisant brusquement mes tubes dans un fourneau préalablement chauffé à la température voulue.

» L'explication de ce fait, qui se présente la première à l'esprit et dont je poursuis la vérification, serait la suivante :

» On sait que, lorsqu'un corps peut exister sous plusieurs états allotropiques, chacun de ces états possède un point de fusion différent. Le soufre octaédrique fond à 113° et le soufre prismatique à 117°. Si l'on échauffe progressivement et lentement du soufre octaédrique, il se transforme à 95° en soufre prismatique et ne fond plus alors qu'à 117°. Si, au contraire, on échauffe brusquement le soufre octaédrique, il fondra à 113°, mais pourra, aussitôt fondu, se transformer en soufre prismatique solide. Si la fusion et la solidification se suivent d'assez près, ou aura dans l'ensemble de la masse une fusion pâteuse. Un fait analogue s'observe avec la silice; quand on chauffe trop brusquement les briques quartzeuses employées dans les fours à acier, on peut en provoquer la fusion, ce qui n'arrive plus avec un chauffage progressif. J'ai montré que, dans ces briques, le quartz se transformait à la longue en tridymite, variété de la silice moins fusible que le quartz. De même, un mélange de silice et d'alumine, chauffé brusquement, fond, puis se solidifie bientôt de nouveau par suite de la cristallisation de silimanite.

» Il ne serait pas impossible qu'il en fût de même pour le carbonate de chaux, dont il existerait un certain nombre de variétés allotropiques ayant des points de fusion différents.

» Je tiens à déclarer que mon attention avait spécialement été appelée sur ce point par M. Munier-Chalmas, qui m'avait signalé un certain nombre de faits d'ordre géologique, établissant une démarcation tranchée entre la nature chimique du carbonate de chaux de la craie et celle de la calcite. Je me propose, en suivant cet ordre d'idées, de passer en revue les différentes variétés de carbonate de chaux. J'ai déjà reconnu que la cristallisation de la craie s'effectue dans les mêmes conditions de température que celle du carbonate précipité chimiquement; la calcite, au contraire, n'éprouverait aucune transformation jusqu'à 1100°. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarque sur une Note récente de M.* Barthe, *relative au dosage volumétrique des alcaloïdes;* par M. **P.-C. Plugge.**

« Dans une Note récente (*Comptes rendus,* séance du 10 octobre 1892), faisant application de la propriété *connue,* que les alcaloïdes d'origine végétale sont sans action sur la phtaléine du phénol et qu'ils bleuissent le tournesol rouge, M. Barthe a institué un procédé général d'analyse volumétrique des alcaloïdes.

» Sans oser aller aussi loin que M. Barthe, qui croit pouvoir affirmer que ce procédé peut être appliqué au dosage de tous les alcaloïdes cités par lui (*voyez* mes remarques sur la codéine, brucine et morphine) je ne puis que souscrire, d'une manière générale, à ce qu'il a communiqué sur cette méthode d'analyse volumétrique.

» Seulement, lorsque M. Barthe écrit : « en combinant cette observation » qui est faite, je crois, pour la première fois, etc. », je me permets de rappeler non seulement que ladite propriété des alcaloïdes, de ne pas réagir sur la phtaléine, est connue depuis quelques années déjà, mais encore qu'un procédé de dosage volumétrique s'appuyant sur l'usage combiné de la phtaléine et du tournesol a été institué par moi-même en 1886 [1].

» Je ne puis que constater, avec une vive satisfaction que les résultats obtenus par M. Barthe confirment la précision et l'utilité de mon procédé; mais on me permettra de réclamer la priorité en cette matière. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches physiologiques sur la fumée d'opium.* Note de MM. **N. Gréhant** et **Ern. Martin** [2], présentée par M. Henri Moissan.

« Dans un premier travail, communiqué à la Société de Biologie, nous avons résumé les expériences faites avec l'extrait d'opium officinal et en-

---

[1] Ce procédé a été décrit, non seulement dans un Journal hollandais, mais aussi dans l'*Archiv der Pharmacie,* vol. CCXXV (1887), p. 45-59; des extraits de cette dernière Notice ont paru dans plusieurs autres journaux, notamment dans les *Ber. d. chem. Ges.,* 1887, p. 140; *Fresenius Zeitschrift für analyt. Chem.,* 1891, p. 104; *Journ. de Pharm. et de Chim.,* 1887; t. XV, p. 571; *Journ. of the Chemic. soc.,* 1887, p. 411, etc.

[2] Ce travail a été fait au laboratoire de M. Rouget, au Muséum.

suite avec le chandôo, c'est-à-dire cet extrait ayant subi une préparation spéciale en vue de l'usage de la pipe à opium et que nous avions reçu de la manufacture de Saïgon.

» Nous avons imité le procédé des fumeurs, en nous servant de la pipe composée d'un fourneau percé d'un orifice et s'adaptant à un tube de bambou.

» Nous avons chargé de chandôo l'extrémité d'une aiguille; nous l'avons passée sur la flamme d'une petite lampe, afin de déshydrater l'opium; celui-ci s'est boursouflé, a acquis plus de consistance et a pu être fixé à l'orifice de la base du fourneau. A ce moment, nous avons appliqué sur la tête d'un chien une muselière à laquelle faisait suite un instrument à deux soupapes métalliques; l'une, servant à l'inspiration, communiquait avec le tuyau de la pipe, de sorte que l'animal, était forcé d'inhaler la fumée dégagée de la masse pilulaire de chandôo soumise à la flamme de la lampe et, en même temps, de l'air.

» Vingt-cinq doses ou vingt-cinq pipes, correspondant à environ 5^{gr} de chandôo, ont été consommées en une heure et quart; l'animal, une fois détaché, n'a rien manifesté d'anormal, au moins pour ce qui concerne les phénomènes objectifs.

» Ce résultat négatif nous a conduits à opérer sur de plus grandes quantités de chandôo :

» Nous nous sommes servis d'un creuset fermé par un couvercle métallique, muni de tubes à angles droits, et scellé au plâtre; nous y avons introduit tantôt 10^{gr} d'extrait d'opium officinal, tantôt même dose de chandôo. Une soupape hydraulique conduisait l'air inspiré à travers le creuset chauffé par un bec de Bunsen; cet air passait ensuite par un tube réfrigérant pour arriver dans les poumons de l'animal qui l'expirait à l'aide d'une autre soupape.

» Au bout d'une heure, la température de cet animal s'était abaissée de $\frac{6}{10}$ de degré; un échantillon d'air expiré en deux minutes avant l'expérience contenait $0^{gr},27$ de CO^2; un échantillon d'air expiré en deux minutes après l'expérience en contenait $0^{gr},37$.

» Cette différence tient à la destruction de l'opium par la chaleur : il se produit de l'acide carbonique qui est fixé par le sang et les tissus.

» La mesure de la pression sanguine, prise dans la carotide, avant et après l'expérience, au moyen du manomètre métallique de Gréhant, a fourni les mêmes courbes, d'où cette conclusion, que la fumée d'opium ne modifie pas l'énergie des contractions du cœur; la seule différence que nous ayons constatée, c'est que si l'on produit l'anesthésie avec un mélange d'alcool et de chloroforme (mélange au $\frac{1}{4}$ de M. Quinquaud), la période d'agitation du début est plus courte chez l'animal qui a été soumis à l'action de la fumée d'opium que chez celui qui reste à l'état normal.

» Cependant nous nous sommes demandés si le chandôo du creuset n'avait pas été porté à une température telle que les alcaloïdes qu'il renferme aient pu être détruits. Nous nous sommes alors adressés à M. Moissan, qui a bien voulu mesurer avec l'appareil thermo-électrique la température du chandôo au moment où le fumeur aspire la fumée; il a trouvé qu'elle est comprise entre 245° et 255° C. Nous avons donc substitué, au creuset, une cornue de verre, dans laquelle nous avons introduit 32^{gr} de chandôo; nous l'avons immergée dans un bain de nitrate de soude fondu et nous l'avons soumise à une température allant de 292° à 307° C. Pour connaître la température intérieure, nous avons, vers la fin de l'expérience, plongé un thermomètre au milieu du résidu charbonneux du chandôo; il a accusé 210°. Nous étions donc sûrs d'avoir opéré dans des conditions semblables à celle du fumeur.

» Un chien de 5^{kg} a respiré toute la fumée produite pendant une heure jusqu'à épuisement des 32^{gr} de chandôo : sa température rectale ne s'est abaissée que de 0°,5. Une fois détaché, il a couru et regagné son chenil sans paraître avoir été influencé par l'expérience.

» De ces observations nous croyons pouvoir conclure qu'un mammifère carnassier qui, durant une heure, respire une quantité de fumée d'opium égale à celle qu'un fumeur consomme généralement en trois jours, ne présente aucun phénomène appréciable et nous démontrons ainsi, à l'aide de la fumée de chandôo employée comme réactif physiologique, qu'il existe une différence sensible entre le système nerveux central de l'homme et celui du chien.

» Dans le but de mieux mettre cet écart en évidence, l'un de nous, le Dr E. Martin, s'est soumis à l'action de l'opium en fumant successivement vingt pipes correspondant à 4^{gr} de chandôo.

» L'expérience a duré une heure et a présenté les phénomènes suivants : après la quatrième pipe, céphalée frontale, laquelle se généralise après la sixième; à la dixième, les vertiges surviennent et s'accusent surtout dans la marche; ils ne prennent pas de caractère plus sérieux jusqu'à la vingtième pipe qui clôt l'expérience; une demi-heure après sa cessation, cette céphalée et ces vertiges commencent à décroître et après une heure ont disparu complètement. Avant et après l'expérience, on a pris les tracés de la respiration et du pouls radial : le tracé respiratoire de la fin donne une amplitude moindre; les battements du cœur sont un peu moins fréquents, leurs plateaux sont plus larges au sommet de chaque pulsation. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur la mesure de la perméabilité des sols et la détermination du nombre et de la surface des particules contenues dans* 1cc *du sol.* Note de MM. F. **Houdaille** et L. **Semichon**, présentée par M. Mascart.

« La perméabilité d'un sol peut se définir par le nombre de centimètres cubes d'air écoulés par seconde au travers de 1cc d'un sol sec tassé sous pression constante, lorsque l'air est maintenu, de part et d'autre de cette épaisseur, à une différence de pression constante de 1gr par centimètre carré.

» L'appareil qui nous a servi pour cette détermination consiste essentiellement en un cylindre de bronze de 1cq de section, dans lequel on dépose 2gr du sol sec passé au tamis de 1mm. Un piston plein, commandé par un levier, exerce sur le sol une pression de 100kg par centimètre carré et des joints étanches permettent de faire circuler au travers du sol un courant d'air chassé sous pression constante, dont le débit est mesuré sous une cloche graduée où aboutit le tube de dégagement.

» L'examen de la constitution des sols montre qu'il existe deux équations distinctes qui lient entre eux les quatre termes suivants qui définissent leur structure, savoir : 1° la perméabilité; 2° la surface s occupée par la section des canaux capillaires sur 1cq du sol; 3° le nombre n des orifices capillaires; 4° leur diamètre moyen d. Si l'on désigne par q le volume en millimètres cubes de gaz écoulé par seconde au travers d'une épaisseur l en millimètres du sol, lorsque ce gaz est chassé sous une pression de h millimètres de mercure, on obtient les deux équations suivantes

$$q = \frac{knhd^4}{l}; \qquad (1)$$

q est le débit, d'après la loi de Poiseuille, exprimé en millimètres cubes.

$$s = n\pi\frac{d^2}{4}; \qquad (2)$$

s est la somme des sections des canaux capillaires exprimée en millimètres carrés.

» On déduit de ces deux équations

$$n = \frac{kh16s^2}{ql\pi^2} \qquad \text{et} \qquad d = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{ql\pi}{khs}}.$$

» Le coefficient k, introduit dans l'expression de n et de d, représente un coefficient de dépense que nous avons déterminé de trois manières différentes en mesurant le débit q : 1° dans un tube capillaire de longueur et de diamètre connus; 2° au travers d'une colonne de grains de plomb de diamètre déterminé; 3° au travers d'une épaisseur de sable à grains réguliers dont on avait évalué le diamètre moyen. On trouve, par ces trois méthodes, des valeurs différentes de k, mais celles déterminées pour le plomb et le sable sont assez voisines. Nous avons adopté pour k la valeur déduite des canaux capillaires du sable qui présentent le plus d'analogie avec ceux des divers sols que nous avons étudiés.

» De la connaissance de n et de d on déduit la valeur de la surface S des parois des canaux capillaires supposés cylindriques; on a

$$S = n\pi dh \qquad \text{et pour } 1^{cc} \qquad S' = n\pi d 10.$$

Cette surface intérieure des canaux capillaires représente également, en supposant les particules sphériques et ne se touchant que par des points, la surface extérieure des particules du sol.

» Enfin, pour déterminer le nombre N des particules pour 1^{cc}, on a, en désignant par φ la fraction du volume de 1^{cc} occupée par les canaux capillaires ou interstices du sol, les deux équations

$$1 - \varphi = N\frac{4}{3}\pi r^3 \qquad \text{et} \qquad S = N 4\pi r^2.$$

» On déduit de ces deux équations

$$N = \frac{S^3}{36\pi(1-\varphi)^2}.$$

» Nous avons obtenu, par l'application de cette méthode, les résultats consignés dans le Tableau suivant :

	Sable de Palavas.	Terre de marne sableuse.	Terre argileuse.
Perméabilité par minute..	$37^{cc},5$	$2^{cc},35$	$0^{cc},18$
n	9 700	136 477	37 987 211
d	$0^{mm},069$	$0^{mm},0178$	$0^{mm},0013$
S pour 1^{cc}	213^{cq}	771^{cq}	13590^{cq}
S pour 1^{gr}	136^{cq}	461^{cq}	7550^{cq}
N pour 1^{cc}	214 747	9 337 612	58 917 635 000
N pour 1^{gr}	186 781	5 625 067	33 667 200 000

» M. Whitney ([1]), professeur à l'Université de Maryland, dans un récent travail sur la constitution des sols des États-Unis, obtient, par une méthode essentiellement distincte, basée sur le triage par lévigation et la mensuration directe des particules, des résultats analogues. Nous relevons, pour un sol argileux, dans le Mémoire de M. Whitney, les valeurs suivantes de S, par gramme : $S = 5574^{cq}$ et de N, par gramme : $N = 24653000000$.

» La détermination des éléments qui servent à l'évaluation de la perméabilité et des valeurs de n, d, S, N n'exige qu'une opération très simple, dont la durée n'excède pas une dizaine de minutes. Nous croyons que la méthode que nous venons de proposer pourra rendre des services pour la caractérisation rapide des principaux éléments qui interviennent dans la constitution physique des terres arables. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les échanges d'acide carbonique et d'oxygène entre les plantes et l'atmosphère.* Note de M. **Th. Schlœsing** fils, présentée par M. Duclaux.

« A la suite des expériences rapportées dans ma dernière Note, j'en ai fait une nouvelle sur l'Houque laineuse, avec l'idée d'en tirer des résultats plus complets.

» Je l'ai disposée de manière à pouvoir déterminer, non plus seulement à la fin, mais à un moment quelconque, le volume de l'acide carbonique disparu et celui de l'oxygène apparu par le fait de la végétation. J'ai dû, pour cela, renoncer à absorber de temps en temps de l'oxygène au moyen du cuivre chauffé, parce que ces absorptions se mesurent, en cours d'expérience, sans grande précision.

» L'appareil employé a consisté seulement en un récipient de verre portant un tube qui plonge dans du mercure; on pouvait, par ce tube, faire, grâce à des dispositions très simples, les prises de gaz nécessaires aux analyses et introduire l'acide carbonique. La proportion de l'oxygène s'est progressivement élevée jusqu'à 42,5 pour 100, et la pression totale des gaz, laissée à dessein faible au début, de 55^{cm} à 70^{cm} de mercure environ. L'azote gazeux mis en œuvre étant bien connu et ne variant pas, les taux pour 100 d'acide carbonique, d'oxygène et d'azote déterminés par les analyses

---

([1]) M. Whitney, *Some physical properties of soils in their relation to moisture and crop distribution;* 1892.

permettaient de calculer les quantités des deux premiers gaz existant dans l'appareil à un moment donné, et, par suite, les quantités disparues ou apparues depuis le début.

» Comme sol, j'ai employé 2^{kg} du même sable quartzeux que précédemment; je n'y ai point, cette fois, ajouté de carbonate de chaux.

» Pour mesurer exactement l'influence du sol sur les variations de la composition de l'atmosphère interne, j'ai institué une expérience témoin, disposée comme la précédente, mais sans culture. L'examen des gaz de ce témoin, fait au début et à la fin, a appris que, pendant les deux mois que l'expérience a duré, le sol seul avait absorbé 11^{cc} d'oxygène et dégagé sensiblement autant d'acide carbonique. J'ai tenu compte de cette donnée ci-après.

» Les plantes obtenues ont été analysées avec soin. Elles étaient, avant la récolte, bien vertes et de bel aspect; elles ont atteint de 22^{cm} à 35^{cm} de hauteur au-dessus du sol.

III. *Houque laineuse* (*semée le 7 juillet, récoltée le 6 septembre*).

Poids des graines : 20^{mgr}. — Azote gazeux mis en œuvre : 3925^{cc}.

CO^2 introduit	1540^{cc},0	1551^{cc},0	O introduit		1174^{cc},2
CO^2 dégagé par le sol	11^{cc},0		O extrait	2898^{cc},1	2909,1
CO^2 extrait		23,6	O absorbé par le sol	11^{cc},0	
CO^2 disparu par le fait des plantes		1527,4	O apparu par le fait des plantes		1734,9

	13 août.	18 août.	26 août.	1er sept.	6 sept.
$\frac{\text{vol. } CO^2 \text{ disparu}}{\text{vol. O apparu}}$	0,87	0,88	0,88	0,91	0,89

Composition des plantes entières.

	gr	
Carbone (¹)	0,827	39,1
Hydrogène	0,106	5,0
Azote	0,060	2,8
Cendres (²)	0,421	19,9
Oxygène (par différence)	0,704	33,2
Plantes entières sèches	2,118	100,0

» Il n'y avait pas de gaz combustibles en quantité mesurable dans l'atmosphère extraite de l'appareil.

» J'ai vérifié les résultats obtenus relativement au carbone et à l'azote,

---

(¹) Compris 2^{mgr} de carbone correspondant à l'acide carbonique des cendres.

(²) Sans leur acide carbonique.

en établissant ce qu'on peut appeler le *bilan* de chacun de ces deux éléments.

Carbone mis en œuvre........	Sol au début..	58,1 mg	892,1 mg	Carbone retrouvé finalement....	Sol à la fin...	88,7 mg	889,9 mg
	Graines......	8,0			Plantes......	788,5	
	CO^2 introduit.	826,0			CO^2 extrait..	12,7	
Azote au début..	Sol..........	67,2	67,7	Azote à la fin...	Sol..........	9,9	69,2
	Graines......	0,5			Plantes entières	59,3	

» On retrouve à la fin, dans les limites d'erreur permises, le carbone et l'azote mis en œuvre. Les vérifications sont tout à fait satisfaisantes.

» *Conclusions.* — 1° Le rapport R du volume de l'acide carbonique disparu à celui de l'oxygène apparu par le fait des plantes examinées pendant les six ou huit premières semaines de leur végétation a été trouvé notablement inférieur à l'unité.

» On pourrait reprocher à l'expérience III d'avoir comporté des tensions anormales d'oxygène (jusqu'à 42,5 pour 100). Mais elle a donné un résultat du même ordre que l'expérience II où la proportion d'oxygène a été entretenue au voisinage de 20 pour 100. Et, de plus, les expériences de Boussingault, de MM. Dehérain et Maquenne, de MM. Bonnier et Mangin, ont fait voir que les rapports $r = \frac{CO^2 \text{ disparu}}{O \text{ apparu}}$ pour l'assimilation de carbone et $r' = \frac{CO^2 \text{ apparu}}{O \text{ disparu}}$ pour la respiration étaient, dans des limites très étendues, indépendants de la pression des gaz carbonique et oxygène. Il est donc à penser qu'ici notre rapport R, sorte de résultante de r et r', n'a pas été sensiblement altéré par la présence d'un excès d'oxygène.

» 2° Dans l'expérience III, le rapport R n'a pas sensiblement varié au cours de la végétation.

» 3° Il entre dans la composition de la matière organique d'une plante entière (et en particulier de notre Houque), un poids d'hydrogène supérieur à celui qui, avec l'oxygène de cette matière, formerait de l'eau. Pour rendre compte de ce fait important, on a été conduit, comme on sait, à admettre que la plante élimine de l'oxygène sous une forme ou sous une autre, et MM. Dehérain et Maquenne, ayant trouvé que, dans la respiration, le rapport r' était fréquemment plus grand que l'unité, ont bien fait remarquer qu'il y avait là une cause de déperdition d'oxygène par départ d'une certaine quantité d'acide carbonique dont les deux éléments seraient fournis par la plante même; mes expériences s'accordent avec cette manière de voir. En dehors de toute hypothèse sur le mode d'élimination de l'oxy-

gène, elles permettent de constater le fait de cette élimination par des mesures directes.

» 4° L'Houque de l'expérience III a puisé de l'oxygène pour constituer sa substance organique, non pas seulement dans l'eau et dans les gaz acide carbonique et oxygène de l'atmosphère, suivant ce qu'on indique d'ordinaire, mais aussi, et en proportion importante, dans les sels minéraux oxygénés qui ont pénétré par les racines [1]. En effet, dans ses rapports avec l'eau, elle a pris l'oxygène correspondant à 106^{mgr} d'hydrogène, soit 848^{mgr}; dans ses rapports avec l'atmosphère, elle a perdu $1734^{cc},9 - 1527^{cc},4$ ou $207^{cc},5$, soit 297^{mgr} d'oxygène; elle n'a pu ainsi retenir que $848^{mgr} - 297^{mgr}$, ou 551^{mgr} de cet élément. Or elle en contenait 704^{mgr}. Il faut donc qu'elle en ait emprunté $704^{mgr} - 551^{mgr}$ ou 153^{mgr} à une autre source que l'eau et l'atmosphère. Cette source réside dans les sels oxygénés venant du sol, sulfates, phosphates, mais avant tout azotates [2]. On a dit souvent que la plante verte était un appareil réducteur. Elle apparaît nettement ici sous cet aspect.

» 5° Des expériences telles que notre expérience III, fondées à la fois sur la mesure et l'analyse des gaz et sur la détermination de la composition des plantes, semblent devoir fournir de très précieux renseignements pour l'étude de la synthèse végétale. »

MINÉRALOGIE. — *Sur la reproduction du rutile.* Note de M. L. Michel, présentée par M. Friedel.

« Dans une précédente Note [3], nous avons montré que, en soumettant, à une température élevée, un mélange en proportions convenables de fer titané, de sulfure de calcium, de silice et de charbon, on pouvait simultanément obtenir le grenat mélanite et le sphène en cristaux présentant les principaux caractères de leurs similaires naturels.

» Nous nous proposons aujourd'hui de faire connaître l'action que la pyrite de fer exerce au rouge sur le fer titané.

» Quand on chauffe, pendant quelques heures, dans un creuset de graphite, à une

---

(1) Les éléments fournis par les graines sont négligés ici pour plus de simplicité.

(2) L'acide azotique correspondant aux 60^{mgr} d'azote assimilés contenait 171^{mgr} d'oxygène.

(3) *Comptes rendus*, t. CXV, p. 830, 1892.

température voisine de 1200°, un mélange intime de 1 partie de fer titané et de 2 parties et demie de pyrite, on trouve, après refroidissement, une masse cristalline, se laissant casser facilement et réunissant tous les caractères physiques et chimiques de la pyrrhotine; cette masse est criblée de vacuoles sur les parois desquelles sont implantés des cristaux qui possèdent la composition ainsi que les propriétés cristallographiques et optiques du rutile naturel. Un traitement par l'acide chlorhydrique étendu suffit pour isoler complètement les cristaux de rutile.

» I. Les cristaux de rutile, obtenus dans les conditions que nous venons d'indiquer, se présentent sous la forme de prismes quadratiques allongés suivant la zone $mm(110)(1\bar{1}0)$, et portent les faces $m(110)$ et $h^1(100)$. Nous avons trouvé :

$$mh^1(110)(100) = 134°57', \qquad h^1h^1(100)(\bar{1}00) = 90°.$$

» Ces cristaux sont uniaxes et positifs. Ils offrent les plus grandes analogies avec les cristaux de rutile aciculaire de Madagascar. Ils sont d'un bleu très foncé, doués d'un vif éclat adamantin, infusibles au chalumeau et inattaquables par les acides. Leur dureté est de 6; leur densité de 4,28.

» L'analyse a donné : acide titanique 99,14; sulfure de fer, traces.

» Lorsqu'on chauffe ces cristaux dans une atmosphère oxydante, ils perdent leur couleur bleue et prennent alors la teinte rougeâtre qui caractérise la plupart des cristaux naturels de rutile.

» Le rutile a déjà été reproduit par des procédés variés, qu'il serait trop long d'énumérer ici; aucun d'eux ne présente d'analogie avec celui que nous venons de décrire.

» II. La pyrrhotine artificielle est en masses cristallines à texture lamellaire. Sa couleur est le jaune de bronze. Elle agit faiblement sur l'aiguille aimantée. Sa dureté est de 4; sa densité de 4,5. La composition répond à la formule Fe^8S^9. Tous ces caractères sont ceux de la pyrrhotine naturelle (¹) ».

MINÉRALOGIE. — *Sur un nouvel ellipsomètre*. Note de M. **Jannettaz**, présentée par M. Des Cloizeaux.

« J'ai présenté à l'Académie en 1874 (²), sous le nom d'*ellipsomètre*, un appareil permettant de déterminer à la fois l'orientation et les dimensions

(¹) Ce travail a été fait au laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne.

(²) *Comptes rendus*, t. LXXVIII, p. 413.

des ellipses isothermes, obtenues sur les plaques cristallines par l'échauffement d'un de leurs points.

» La partie caractéristique de l'appareil était une lunette portant au foyer de son oculaire un réticule et un spath, ce dernier ayant pour but de produire deux images de la courbe observée dans un plan perpendiculaire à l'axe optique de la lunette. Cette lunette convient bien pour l'observation de courbes contrastant par leur éclat ou par leur couleur avec le fond sur lequel elles sont produites; ce n'est pas souvent le cas des courbes isothermes que dessine, après sa solidification par refroidissement, le bourrelet saillant d'une matière grasse fondue; aussi les voit-on vaguement quand on les regarde en face. Il en est autrement quand on les regarde obliquement; les courbes, éclairées avec une lampe à gaz, apparaissent avec des contours très réguliers, très visibles et très franchement délimités.

» C'est donc sous des incidences obliques que je les regarde maintenant. Cette obliquité déforme les courbes, mais les lignes perpendiculaires à la section principale du spath gardent leurs vraies longueurs; c'est pourquoi, dans mon nouvel instrument, au lieu de faire tourner la section principale du spath, je la laisse verticale et c'est la plaque que je fais tourner sur elle-même.

» Outre ces modifications, il en est une autre relative à la mesure des longueurs; cette mesure s'exécute en déplaçant la courbe, perpendiculairement à la section principale du spath, le long d'une vis micrométrique qui permet d'atteindre le millième de millimètre.

» Avec ces dispositions nouvelles, l'appareil, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, permet de voir très distinctement toutes les courbes, d'orienter leurs axes et de les mesurer avec une grande précision.

» La courbe à déterminer est placée sur un cercle horizontal; ce cercle est divisé et muni d'un vernier; il repose sur un chariot mobile le long de la vis micrométrique destinée à mesurer les longueurs.

» L'observation se fait au moyen d'une lunette à laquelle on peut donner à la fois un mouvement de translation le long d'une crémaillère verticale et un mouvement de rotation autour d'un axe horizontal; cette disposition permet, entre autres résultats, de choisir l'inclinaison qui donne l'image la plus nette.

» La lunette est à court foyer; elle est munie : 1° d'un prisme biréfringent dont la section principale est dans le plan vertical passant par l'axe optique; 2° d'un réticule composé de deux fils rectangulaires dont l'un

est dans le plan de la section principale et dont l'autre est horizontal.

» Quand on regarde la courbe à étudier à travers la lunette, on en voit, grâce à la biréfringence du spath, deux images; le prisme étant à dédoublement variable, il est facile d'amener les images à se couper. On fait alors tourner le cercle divisé horizontal; il arrive un moment où la droite d'intersection des deux images devient parallèle au fil horizontal du réticule et où, par suite, l'un des axes de la courbe est également parallèle à cette direction. De sorte qu'en déplaçant la courbe parallèlement à cette direction, il suffit de mesurer le déplacement nécessaire pour que le fil vertical du réticule soit successivement dans les plans verticaux tangents aux deux images pour avoir la longueur d'un des axes de l'ellipse; en tournant la plaque de 90°, on mesure de même le second axe.

» D'ailleurs, il est facile de s'assurer que la droite d'intersection des deux images est exactement parallèle au fil horizontal du réticule, car on peut amener ces deux lignes en coïncidence, en faisant tourner la lunette autour de son axe horizontal.

» Les axes ainsi déterminés et mesurés, il faut encore fixer leur position sur la plaque, c'est-à-dire connaître l'angle qu'ils font avec des lignes remarquables de la plaque prises comme point de repère (le plus souvent des arêtes). Il suffit d'amener à coïncider avec le fil horizontal du réticule successivement l'axe de la courbe et la ligne de repère, et de mesurer l'angle dont il a fallu faire tourner le cercle divisé.

» Il est, d'ailleurs, inutile de chercher à placer le centre de la courbe isotherme sur le centre du cercle divisé, ce qui non seulement demanderait du temps, mais ne pourrait s'obtenir qu'imparfaitement et serait une cause d'erreur, et cela est inutile puisque l'angle au centre mesuré sur le cercle divisé a ses côtés parallèles à ceux de l'angle considéré.

» Si la courbe, au lieu d'être elliptique, est circulaire, la ligne d'intersection des deux images conserve constamment la même direction quand on fait tourner la plaque. C'est là ce qui permet de reconnaître l'ellipticité, même dans le cas où elle est très faible.

» A l'aide du nouvel ellipsomètre, on peut donc : 1° déterminer la position des axes des ellipses isothermes avec une exactitude égale à celle que donnent les microscopes polarisants pour les lignes d'élasticité optique ou les lignes d'extinction dans les systèmes obliques; 2° on peut savoir si la courbe isotherme est un cercle ou une ellipse, ce qui est d'une grande importance pour les cas-limites.

» Je dois remercier M. Pellin, constructeur, de l'habileté avec laquelle il a exécuté cet instrument. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de phénomènes de recouvrement aux environs de Gréoulx (Basses-Alpes) et sur l'âge de ces dislocations.* Note de M. **W. Kilian**, présentée par M. Fouqué.

« La Durance traverse, entre Manosque et Pertuis ([1]), en aval de la station de Mirabeau, un pli anticlinal légèrement *déversé vers le nord* et formé par les diverses assises du jurassique supérieur. La transgression et la discordance des dépôts helvétiens et tortoniens, qui recouvrent cet accident à droite de la rivière et qui ont été étudiés par M. Ch. Depéret, mettent nettement en évidence l'âge *préhelvétien* de ce plissement. En suivant vers l'est l'anticlinal de Mirabeau, on peut constater qu'il se relie à la série des plis couchés de la Provence, illustrés par les travaux de MM. Marcel Bertrand et Ph. Zürcher. C'est aux environs de Gréoulx et de Saint-Julien de Montagney que s'observent, en effet, avec le plus de netteté, les plus septentrionaux des recouvrements provençaux dont l'existence n'avait, jusqu'à ce jour, point été signalée et qui s'avancent jusque sur les bords du Verdon, au nord-est de Mirabeau.

» Voici l'analyse de ces dislocations (en allant du sud au nord) :

» I. A l'anticlinal du pont de Mirabeau, dirigé NO-SE et s'étendant des environs de Beaumont vers la plaine de Vorlaves (feuille d'Aix), succède, au nord-est, une série d'assises inclinées vers le sud-sud-ouest et dans lesquelles on reconnaît sans peine, malgré de fréquents recouvrements de cailloutis tortoniens, les restes d'un pli *refoulé vers le nord*. Le flanc normal est régulier (néocomien de Trastour, berriatien des pentes au nord de Ginasservis, jurassique supérieur (cote 430 est de Saint-Julien), oxfordien de Benon-Plan-Rouvier). Dans le ravin de Mallavallasse, près de Saint-Julien, les calcaires du jurassique supérieur, repliés sur eux-mêmes, dessinent, avec une remarquable netteté, un *anticlinal couché* sur les dépôts hauteriviens à *Echinospanagus cordiformis*. Ici, le plan isoclinal est donc complet et à peu près étiré. Vers le nord-ouest, au contraire, on constate la disparition progressive (Malaurie) du flanc renversé; en même temps, le noyau anticlinal se montre formé de couches de plus en plus anciennes et la série offre de nombreuses disparitions. M. Collot a signalé l'existence

---

([1]) Les faits consignés dans cette Note sont le résultat d'explorations effectuées pour le levé de la feuille Forcalquier de la Carte géologique de France, sur laquelle on pourra suivre les accidents techniques dont nous parlons ici.

du trias, près de l'entrée nord du souterrain de Ginasservis, et la crête qui domine au sud le mas du Bœuf (près de Bouzet) est constituée, en partie, par les dolomies de l'infralias. Enfin, près de Vinon, le flanc renversé du pli se montre fortement laminé et l'on voit, en plusieurs points, l'infralias reposer sur le néocomien à *Am. Astieri* (nord des Angles).

» II. En avant du précédent, apparaît, entre Vinon (Var) et Gréoulx (Basses-Alpes), un deuxième pli couché, parallèle à celui de Boisset (axe ESE-O-NO), et coupé par la route qui relie Saint-Julien-de-Montagney à Gréoulx.

» Ici encore, le flanc normal présente la série complète des couches comprises entre le néocomien à *Ostrea Couloni* (phéline) et l'infralias (pigette); le flanc renversé a disparu par étirement et les dolomies rhétiennes recouvrent presque horizontalement au sud de Gréoulx les gros bancs du barrémien exploités pour chaux hydraulique.

» Au nord de ce dernier accident, le néocomien disparaît sous les puissantes alluvions tortoniennes du plateau de Valensole, qui séparent la région considérée des chaînes subalpines.

» La discordance de la mollasse helvétienne *sur les tranches* du calcaire tithonique, près de la gare de Mirabeau, et la présence de nombreux lambeaux de cailloutis tortoniens (niveau de Cucuron), *reposant* en transgression évidente *sur les diverses parties des plis* que nous venons de décrire et recouvrant même les dolomies infraliasiques du noyau étiré, permettent d'affirmer que toutes ces dislocations *sont antérieures au miocène* et plus anciennes ([1]) que les plissements voisins des chaînes subalpines, qui ont intéressé les diverses couches néogènes et possèdent une direction toute différente.

» Il est remarquable de constater que ces dernières manifestations des

---

([1]) Des recherches poursuivies avec nos deux confrères MM. Depéret et Leenhardt, nous ont montré qu'il était possible (comme nous l'avons déjà constaté dès 1888 dans la montagne de Lure) de retrouver dans le pli du Luberon, la trace très nette de deux phases principales de plissement. La transgression de la mollasse sur l'hauterivien dans l'intérieur même de la chaîne (Pardaillan), la discordance de cette même mollasse sur l'urgonien (Roure près Cucuron) prouvent un effort *antémiocène* synchronique de ceux qui ont produit les plis couchés de Gréoulx. Des mouvements *posttortoniens*, contemporains de ceux des chaînes subalpines les plus extérieures, ont donné ensuite à la région sa constitution actuelle, en ployant les assises miocènes. Il semble, du reste, que, dans le Luberon, les deux sédiments successifs, séparés par une phase d'immersion et d'érosion, se soient effectués *à la même place et le long d'un même axe*.

plissements de la Provence coïncident aussi pour diverses assises avec la limite septentrionale du *facies provençal.* C'est ainsi que l'infralias dolomitique des bords du Verdon diffère essentiellement des couches de même âge des environs de Castellane et de Barrême, tandis qu'il rappelle d'une façon frappante celles de la région de Brignoles; il en est de même pour les calcaires siliceux du lias et du bajocien. Seuls les calcaires du jurassique supérieur et le facies à Spatangues et à Ostracées du néocomien dépassent vers le nord les environs de Gréoulx et se montrent jusqu'à peu de distance au sud-ouest de Barrême. Le néocomien à Spatangues se continue dans le Luberon, mais ne se retrouve pas au nord, dans la montagne de Lure. »

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Anatomie et Zoologie, par l'organe de son doyen M. *Em. Blanchard,* présente la liste suivante de candidats à la place laissée vacante par le décès de M. *de Quatrefages :*

En première ligne	M. **Léon Vaillant.**
En deuxième ligne, par ordre alphabétique et sans classement	M. **C. Dareste.** M. **Filhol.** M. **P. Fischer.** M. **Edmond Perrier.** M. **Georges Pouchet.**
En troisième ligne	M. **Joannes Chatin.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 7 heures.

J. B.

———

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 5 décembre 1892.

Annales de Chimie et de Physique, par MM. Berthelot, Pasteur, Friedel, Mascart; 6e série, décembre 1892, t. XXVII. Paris, G. Masson, 1892; 1 fasc. in-8°.

Exposition universelle internationale de 1889 *à Paris. Rapports du Jury international,* publiés sous la direction de M. Alfred Picard, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Président de section au Conseil d'État, Rapporteur général. *Groupe de l'Économie sociale,* deuxième Partie; second fascicule. Groupe VI : *Outillage et procédés des industries mécaniques,* 6e Partie, Classe 64. Paris, Imprimerie nationale, 1892; 2 vol. in-4°.

Notes de Géographie littorale, par M. Jules Girard, Secrétaire adjoint de la Société de Géographie. Paris, 1892; 1 broch. in-8°.

L'eruzione dell' Etna, da Annibale Ricco. Roma, 1892; 1 broch. in-8°. (Présentée par M. Faye.)

The anatomy and development of the lateral line system in Asnia calva, by Edward Phelps Allis. Ir. Boston, Ginn and C°, 1889; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 7 novembre 1892.)

Note de M. *Bjerknes :* Sur la dissipation de l'énergie électrique du résonateur de M. Hertz.

Page 725, ligne 11, *au lieu de* 14.10^{-8}, *lisez* $1,4.10^{-8}$.

Page 727, ligne 18, *au lieu de* que les métaux sont plus transparents vis-à-vis des ondulations lumineuses, *lisez* que les métaux sont plus transparents vis-à-vis des ondulations hertziennes que vis-à-vis des ondulations lumineuses.

(Séance du 28 novembre 1892.)

Note de M. *Rabut*, sur les invariants universels :

Page 927, ligne 12, *au lieu de* ou, *lisez* ont.

Même page, au bas, *au lieu de* une souche triple invariant : $v = \frac{(y_1^m - y_2^m)^{n+1}}{(y_1^n - y_3^n)^{m+2}}$, *lisez* une souche triple; invariant : $v = \frac{(y_1^m - y_2^m)^{n+1}}{(y_1^n - y_3^n)^{m+1}}$.

Page 928, ligne 13, *au lieu de* $R = \frac{(y_1^m - y_2^m)^{n-1}}{(y_3^n - y_4^n)^{m-1}} \left(\frac{y'_3 - y'_5}{y'_1 - y'_5}\right)^{mn-1} (y'_1 - y'_3)$, *lisez* $R = \frac{(y_1^m - y_2^m)^{n-1}}{(y_3^n - y_4^n)^{m-1}} \left(\frac{y'_3 - y'_5}{y'_1 - y'_5}\right)^{mn-1} (y'_1 - y'_3)^{m-n}$.

Même page, ligne 17, *au lieu de* $T = \frac{(y_1^m - y_2^m)^{n-1}}{(y_1^n - y_3^n)^{m-1}} \left[\frac{(y'_1 - y'_4)(y'_1 - y'_5)}{y'_4 - y'_5}\right]$, *lisez* $T = \frac{(y_1^m - y_2^m)^{n-1}}{(y_1^n - y_3^n)^{m-1}} \left[\frac{(y'_1 - y'_4)(y'_1 - y'_5)}{y'_4 - y'_5}\right]^{m-n}$.

Note de M. G. *Bertrand*, Sur les zincates alcalino-terreux :

Page 940, ligne 8, *au lieu de* $Zn^2CaH^2O^3, 4H^2O$, *lisez* $Zn^2CaH^2O^4, 4H^2O$.

Page 941, lignes 4 et 8, même correction pour les formules des zincates de strontium et de baryum.

Même page, note (1), *au lieu de* Prescatt, *lisez* Prescott.